

# CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

## GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA



### Laboratório de Materiais de Construção Mecânica Trabalho Avaliativo

Luiza Gomes de Castro e Sá  
Thiago Henrique de Faria Costa  
Thiago José da Silva  
Victor Alves Moraes

**Professor(a): Marlon Pinheiro**

**Dezembro 2021**

1) Quais as diferenças entre Macrografia e Micrografia. Pesquise e mostre exemplos práticos.

O ensaio de micrografia e de macrografia, que também é conhecido como ensaio de metalografia, é um método de avaliação utilizado para analisar as características micro e macroestruturais de um metal e suas ligas. O objetivo é identificar suas propriedades e morfologia em função do tratamento térmico empregado e/ou do processo de fabricação. Os resultados obtidos pelo ensaio de micrografia e de macrografia são bastante precisos e confiáveis.

A macrografia consiste na análise, descrição ou registo do aspecto de uma peça ou amostra metálica, segundo uma secção plana devidamente polida e em regra atacada por um reagente apropriado. O exame é realizado à vista desarmada ou com a ajuda de uma lupa. O aspecto assim obtido designa-se por macroestrutura. A macrografia possibilita a observação da heterogeneidade química existente, resultante da estrutura de solidificação, assim como as alterações sofridas por esta e devidas a tratamentos posteriores. Pode evidenciar a distribuição das impurezas metálicas, não metálicas e gasosas contidas na estrutura. A análise macrográfica permite igualmente detetar a presença de fissuras, bolhas, porosidades, gotas frias, etc.

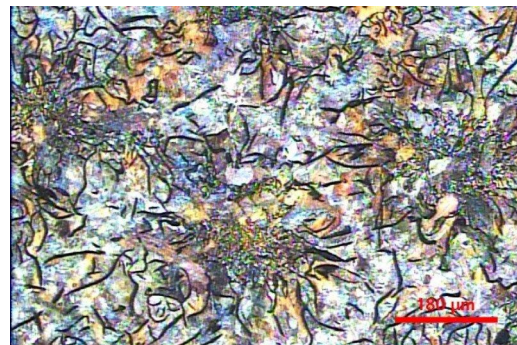
O ensaio de micrografia permite analisar informações importantes sobre as estruturas dos materiais e detectar as alterações na matriz da microestrutura, identificar alguns tipos de microconstituintes. No caso do aço é importante para a verificação do tamanho de grão, da qualidade dos tratamentos térmicos de normalização, recozimento, têmpera e revenido, como também as inclusões não metálicas, com objetivo de anteceder maiores problemas e falhas futuras nas peças e equipamentos. Desta forma agir de maneira preventiva, aumentando a qualidade do produto em questão, e por consequência a sua durabilidade, deixando-o apto a atuar com máxima eficiência.

A aplicação do ensaio de micrografia e de macrografia identifica uma série de características e propriedades relacionadas aos materiais avaliados:

- Análise de susceptibilidade à corrosão intergranular;
- Determinação de tamanho de grãos;
- Classificação de inclusões não metálicas;
- Classificação da grafita em ferros fundidos;



**Figura 1:** Macrografia



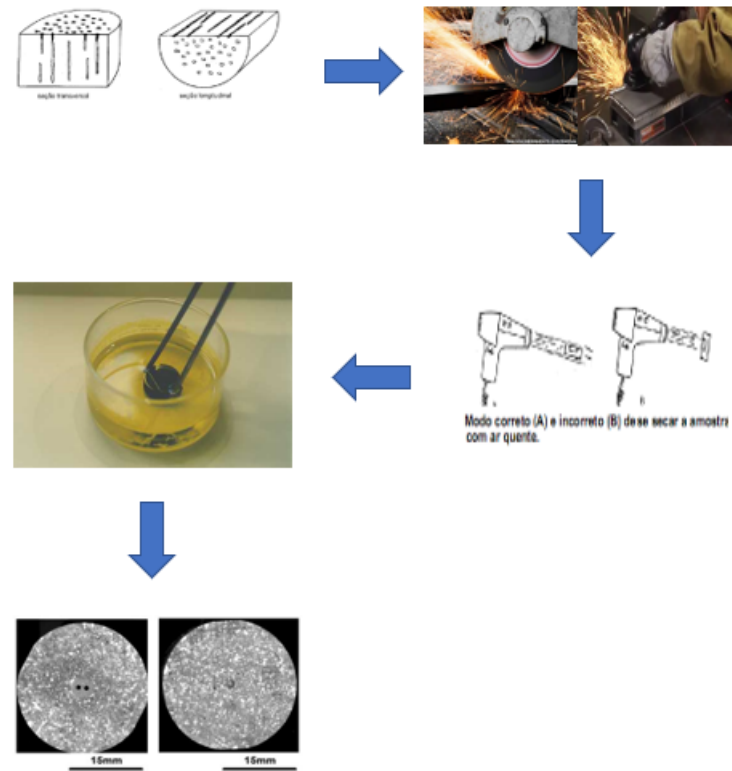
**Figura 2:** Micrografia

2) Faça um fluxograma (com fotos) com etapas de Ensaios Macrográficos e Micrográficos.

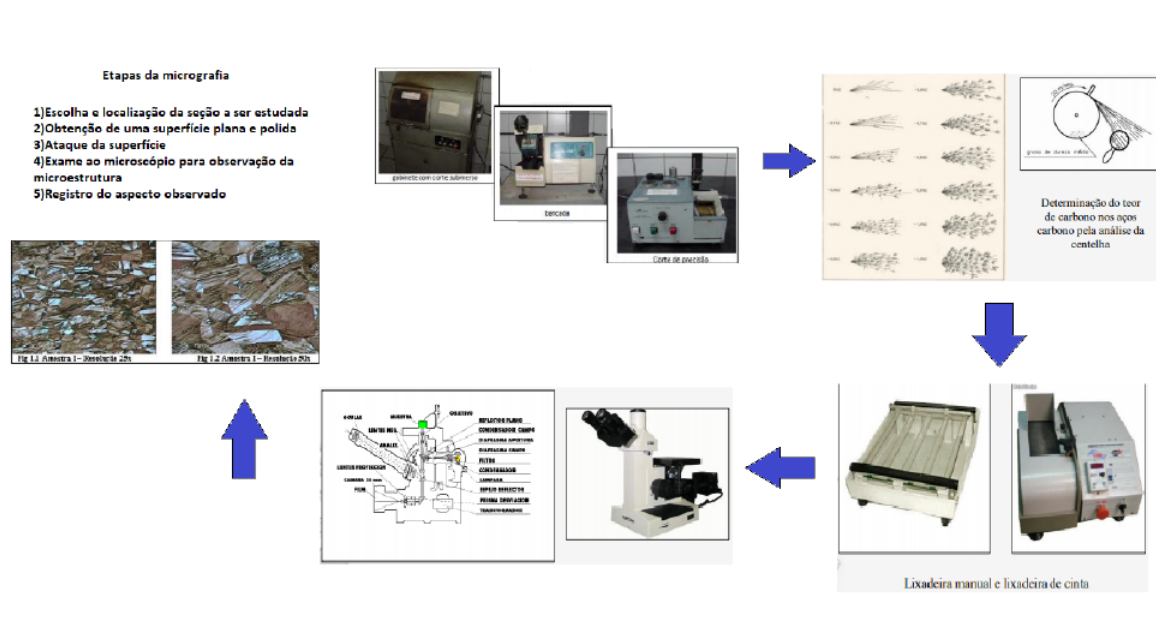
Os ensaios Macrográfico e Micrográfico são realizados em basicamente 5 etapas, que são:

- 1- Escolha e localização da seção: realiza-se um exame visual na peça antes do corte para definir locais, vestígios de solda, azulamento por aquecimento, mossas, descontinuidades. Logo após escolhe-se o local a ser cortado, para tanto é necessário definir se o corte será transversal ou longitudinal ao eixo da peça. O corte transversal é escolhido para verificar detalhes transversais de uma solda, tais como número de passes, linha de fusão, zona afetada termicamente, descontinuidades, quando é preciso determinar se a seção é inteiramente homogênea ou não; qual a forma e a intensidade da segregação; qual a profundidade de tratamentos térmicos superficiais e a natureza do material. Já o corte longitudinal é escolhido quando se deseja verificar qual o processo de fabricação, se fundição, forjamento, laminação; a extensão das descontinuidades e dos tratamentos superficiais e, no caso de parafusos, qual o processo de fabricação dos filetes de roscas, se usinagem ou forjamento.
- 2- Preparação da Superfície plana: a preparação é dividida em duas sub-fases - corte e lixamento. O corpo de prova deve ser cortado com serra ou com cortador de disco abrasivo. Antes de iniciar o lixamento, deve-se fazer uma lavagem com água corrente e enxugar a superfície para evitar que partículas abrasivas mais grossas sejam levadas a essa etapa; além disso, é necessário uma limpeza especial, com a finalidade de retirada de óleo ou graxa da superfície preparada. O lixamento deve ser executado por meio de uma série de lixas de granulação decrescente, tomando-se o cuidado de, ao passar de uma lixa mais grossa para outra mais fina, certificar que os riscos da lixa anterior tenham sido totalmente eliminados e que a direção do lixamento seja sempre perpendicular aos riscos deixados pela lixa da operação anterior. Geralmente não se exige o polimento muito elevado para macrografia, o que facilita a execução deste ensaio.
- 3- Lavagem e secagem: a lavagem é feita submetendo a superfície a água corrente e a fricção com algodão; em seguida, executa-se a secagem através da aplicação de álcool na superfície preparada, seguido de um jato de ar, de preferência quente; tomar cuidado para não encostar os dedos na superfície preparada e seca. Nessa fase deve-se evitar a retenção de água nas descontinuidades para não mascarar a superfície examinada.
- 4- Ataque químico: Após a lavagem e secagem, a superfície está pronta para sofrer o ataque químico que pode ser realizado por imersão ou por aplicação. No ataque químico por imersão, o reativo é colocado em um recipiente e a superfície do corpo de prova a ser ensaiado é imergida na solução sem deixar o corpo de prova tocar no fundo do recipiente. O ataque por aplicação é realizado com auxílio de um pincel ou um chumaço de algodão fixado em uma pinça.
- 5- Análise: para qualificação de procedimento de soldagem de juntas em ângulos, o código ASME, Seção IX exige que a macro-estrutura da seção transversal, compreendida pelo metal de solda e pela zona afetada pelo calor, esteja com fusão completa e livre de trincas. O registro do ensaio macrográfico pode ser feito por meio de proteção da superfície ensaiada com uma camada de verniz transparente, por meio de fotografia da superfície ensaiada ou pelo método de Bauman, semelhante à fotografia, que utiliza o

papel fotográfico para registrar a macroestrutura.



**Figura 3:** Fluxograma de Ensaio Macrográfico



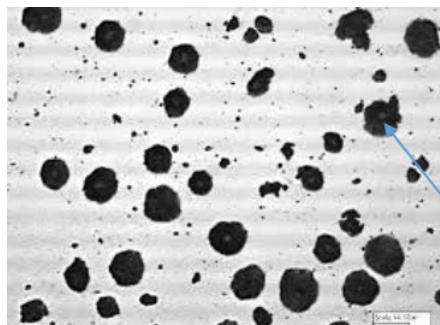
**Figura 4:** Fluxograma de Ensaio Micrográfico

3) Defina e dê exemplos de aplicações: MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura), MET (Microscopia Eletrônica de Transmissão) e EBSD (difração de retrodispersão eletrônica).

- Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) é um instrumento muito versátil e usado rotineiramente para a análise microestrutural de materiais sólidos. Apesar da complexidade dos mecanismos para a obtenção da imagem, o resultado é uma imagem de muito fácil interpretação. O aumento máximo conseguido pelo MEV fica entre o microscópio óptico (MO) e o Microscópio Eletrônico de Transmissão (MET). Avaliação de problemas com microfuro em latas de alumínio, blow out em tampas para latas de bebidas, trincas em latas destinadas ao acondicionamento de produtos químicos e caracterização de ranhuras nas corrugações de rolhas metálicas objetos de perícia são alguns exemplos de aplicação da técnica.
- Assim como na Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), este ensaio também utiliza um feixe de elétrons para formar as imagens da amostra em análise, porém atua com um mecanismo um pouco diferente. No equipamento de Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) existe um gerador de elétrons de alta tensão que se deslocam através de um tubo no vácuo antes de serem convergidos por uma lente eletromagnética, focalizando os elétrons em um feixe muito fino. Este feixe penetra a amostra, que por sua vez, é uma fina camada do material a ser analisado. Além de análises morfológicas de estruturas celulares, permite a observação de defeitos cristalinos não possíveis ser observados por microscopia óptica ou por microscopia eletrônica de varredura, como defeitos de empilhamento. Pode ser aplicado ainda na análise de precipitados de dimensões nanométricas, dispersos sobre uma matriz.
- EBSD (difração de retrodispersão eletrônica) é uma técnica que consiste em colocar uma amostra com superfície plana inclinada a  $70^\circ$  com o feixe de elétrons incidente. Os elétrons retroespalhados geram um padrão de difração, que aparece na forma de raias (raias de Kikuchi), que pode ser visualizado em um monitor de vídeo. A tecnologia de difração por retrodispersão eletrônica (EBSD) é muito madura e pode ser amplamente utilizado para orientação de grãos, microtextura, orientação, superfície de habitat e identificação de fases, distribuição de deformação, propriedades de contorno de grãos e constante da rede outra determinação.

4) Para as amostras metalográficas abaixo, identifique os tipos de ferros fundidos e identifique qual é o mais resistente e qual o nome do elemento marcado.

a)



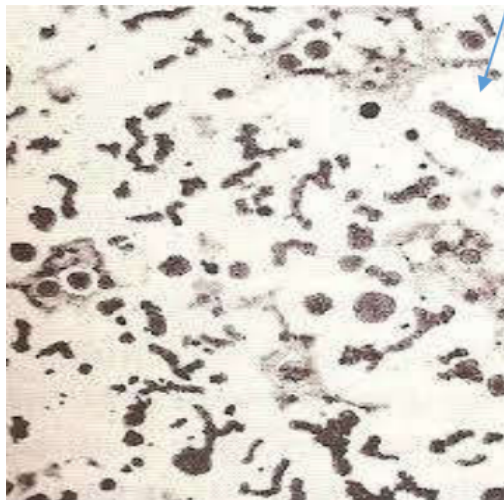
Ferro fundido nodular, também conhecido como dúctil, confere ao material características com alto módulo de elasticidade e resistência mecânica, e apresenta carbono livre na forma de grafita esferoidal, que é o elemento marcado. É o mais resistente.

b)



Ferro fundido cinzento, no qual, o carbono presente encontra-se no formato de partículas laminares ou em veios, pode ser utilizado em fundições de motores a diesel, revestimentos e caixas de transmissão.

c)

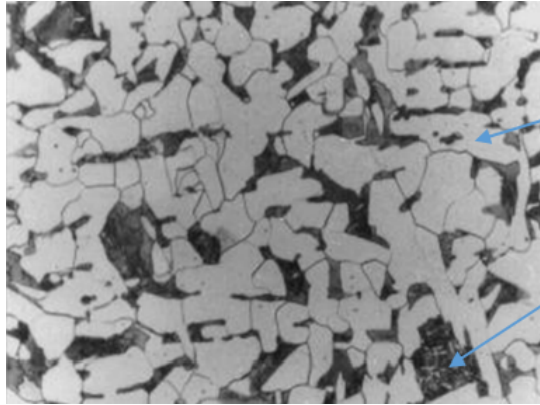


Ferro fundido vermicular, ou como também são conhecidos, ferros fundidos de grafita compactada, apresentam também carbono livre na forma de grafita. A grafita se apresenta na forma de escamas, ou seja, com a forma de plaquetas, estrias ou vermes (parte escura). A parte clara é a matriz ferrítica.

- 5) Identifique nestes aços as fases encontradas nas amostras metalográfica, e qual a influência destas fases nas propriedades mecânicas. Observação: as amostras foram atacadas com Nital 2%.

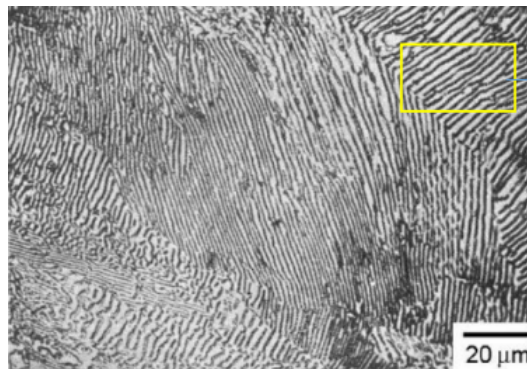
a) Aço 1020.





- Parte branca: Ferrita, garante maleabilidade.
- Parte escura: Perlita, promove resistência.

b) Aço com 0,8% de carbono.



- Cementita lamelar (perlita) - ductibilidade e resistência ao material

c) Aço com 1% de carbono.



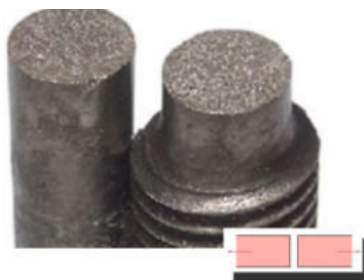
- Cementita proeutetóide - ductibilidade e resistência ao material

6.1 Descreva o mecanismo de formação de fratura dúctil, frágil e por fadiga.

- **Fratura Dúctil:** O fator preponderante para uma fratura ser definida como dúctil é a predominância da ocorrência de deformações plásticas em detrimento da propagação de trincas, ou seja, na fratura dúctil acontece uma lenta propagação de trincas e o material tensionado tende a se deformar plasticamente. As fraturas dúcteis geralmente ocorrem de forma que a estrutura tensionada sofre uma gradual estricção na região de tensão. Posteriormente à estricção, inicia-se um processo de propagação de trincas que surgem a partir de uma tensão de cisalhamento que se origina em uma direção que forma um ângulo de aproximadamente  $45^\circ$  com a direção da tensão original, o que culmina na fratura denominada “taça e cone”. Na fratura dúctil, há predominância da deformação plástica e uma resistência à rápida cisão da estrutura oriunda da propagação de trincas, ou seja: o material que sofre fratura dúctil é resistente à ruptura e tende a se deformar plasticamente antes da fratura.
- **Fratura Frágil:** A fratura frágil é marcada pela predominância da formação de trincas em relação à deformação plástica. Ocorre, nesse tipo de fratura, uma rápida formação e propagação das trincas, o que leva à rápida ruptura do material com a ocorrência de pouca ou nenhuma deformação plástica no processo. A fratura frágil pode ocorrer de duas formas: transgranular e intergranular. A fratura frágil transgranular ou clivagem é caracterizada pela separação de planos atômicos, fato que faz com que essa cisão passe por dentro do grão que forma o material e faça com que a textura da superfície de fratura fique facetada. A fratura intergranular, por outro lado, é caracterizada pela separação dos grãos.
- **Fratura por Fadiga:** Fadiga é o dano estrutural progressivo e localizado que ocorre quando um material é submetido a ciclos alternados ou flutuantes (dinâmicos) de deformação a tensões nominais de valores máximos inferiores aos limites de escoamento estático deste material. As tensões resultantes são ainda bem abaixo dos limites de ruptura, mas mesmo assim conduzirão a falhas catastróficas.

6.2 Identifique o tipo de fratura das imagens a seguir.

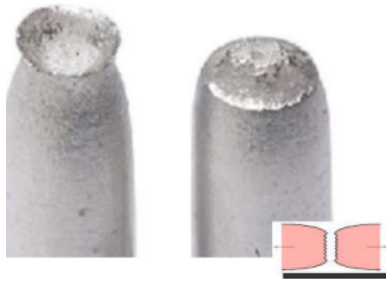
a)



- Fratura Frágil

b)





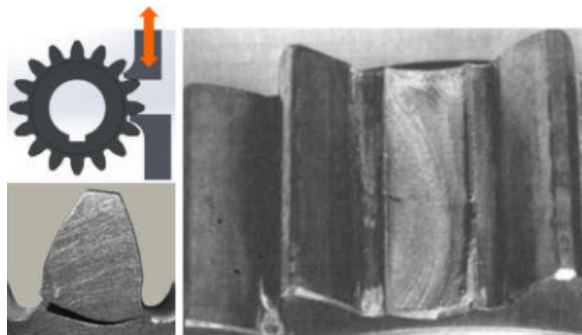
- Fratura Dúctil

c)



- Fratura Frágil

d)



- Fratura por Fadiga