

PORTFÓLIO DE SERVIÇO	
CÓDIGO	LCMEEG01
LABORATÓRIO	LCME – LABORATÓRIO DE CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL
DIVISÃO	AMR – DIVISÃO DE MATERIAIS
SUBDIRETORIA	SDEG – SUBDIRETORIA DE ENGENHARIA
DESCRIÇÃO	ANÁLISE MICROESTRUTURAL E DE SUPERFÍCIES POR ELÉTRONS SECUNDÁRIOS E RETROESPALHADOS DE 25X A 5000X DE MAGNIFICAÇÃO POR MEIO DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV).

Descrição do STE

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) é uma técnica avançada para a análise microestrutural e de superfícies, oferecendo uma visão detalhada das amostras com ampliações variando geralmente entre 25x a 5000x. Utilizando a emissão de elétrons secundários (SE) e retroespalhados (BSE), o MEV é essencial para a caracterização precisa das superfícies e estruturas internas das amostras, incluindo a análise de superfícies de fratura.

Princípios da Microscopia Eletrônica de Varredura

O MEV opera ao direcionar um feixe de elétrons primários sobre a superfície da amostra. A interação desses elétrons com a amostra resulta na emissão de diversos tipos de elétrons e radiação:

- **Elétrons Secundários (SE):** Emissão de elétrons com baixa energia que fornecem informações detalhadas sobre a topografia da superfície. Eles são especialmente sensíveis a variações de relevo e rugosidade, permitindo uma visualização clara das características superficiais e das texturas.
- **Elétrons Retroespalhados (BSE):** Elétrons com alta energia que são desviados para trás após interagir com os núcleos atômicos. Esses elétrons são usados para análise composicional, pois áreas com diferentes números atômicos aparecem contrastadas na imagem, facilitando a identificação de fases e a composição química da amostra.

Análise Microestrutural e de Superfícies

A escolha da amplificação é crucial para obter diferentes níveis de detalhe:

- **Baixa Amplificação (25x a 500x):** Ideal para observar a morfologia geral, identificar padrões de fraturas ou defeitos maiores, e estudar a distribuição de fases ou inclusões de tamanho maior. Essa faixa de amplificação fornece uma visão geral da estrutura e organização da amostra.
- **Alta Amplificação (500x a 5000x):** Permite uma análise detalhada das características superficiais e microestruturais, como texturas de superfície, tamanhos de grãos e a presença de pequenas impurezas ou defeitos. É particularmente útil para examinar estruturas nanométricas e para a avaliação de superfícies com alta precisão.

Análise de Superfícies de Fratura

A análise de superfícies de fratura com MEV é essencial para entender os mecanismos de falha e a integridade estrutural dos materiais. Quando uma amostra é fraturada, a superfície da fratura revela informações cruciais sobre o processo de quebra e as condições que levaram à falha.

- **Análise Topográfica:** Utilizando elétrons secundários, é possível observar a morfologia da superfície de fratura, identificando características como rugosidade, estrias e outras marcas que ajudam a determinar o modo de fratura (por exemplo, fratura dúctil ou fratura frágil). A topografia detalhada pode indicar a presença de microfissuras ou inclusões que contribuíram para a falha.
- **Análise Composicional:** Com a ajuda de elétrons retroespalhados, a análise da composição da superfície de fratura pode revelar variações no número atômico e identificar a presença de fases diferentes ou contaminantes na região de fratura. Essa informação é crucial para entender como a composição do material influencia a resistência à fratura.

Aplicações e Importância

A MEV é amplamente utilizada em diversos campos, como:

- **Engenharia de Materiais:** Para avaliar a qualidade de superfícies tratadas, estudar a distribuição de fases em ligas metálicas, e investigar mecanismos de falha.
- **Ciência dos Materiais:** Para caracterizar microestruturas de novos materiais e revestimentos, e analisar a interação de partículas em compósitos.

Em resumo, o MEV, com suas capacidades de análise uma visão detalhada das superfícies e estruturas internas das amostras. A técnica é fundamental para a compreensão da microestrutura dos materiais e da análise de superfícies de fratura, ajudando a elucidar os mecanismos de falha e melhorar a qualidade e desempenho dos materiais.

Tabela 1 – Definição de pesquisadores envolvidos.

Serviço técnico especializado	Pesquisadores envolvidos
Realização de ensaio microscopia eletrônica de varredura	1 servidor técnico do LCME alocados no laboratório de microscopia eletrônica de Varredura e 1 servidor de nível superior para análise dos resultados e elaboração e emissão de relatório técnico de ensaio.

Tabela 2 – Número de servidores de nível superior e nível técnico envolvidos nas na prestação do STE

Etapa 1	1 servidor de nível técnico e 1 servidor de nível superior
Etapas 2	Realização do ensaio: 1 servidor de nível técnico
Etapa 3	Preparação da amostra conforme especificado no portfólio LCMEEG04
Etapa 4	Análise dos resultados e emissão de relatório técnico: 1 servidor e 1 servidor de nível superior.

Insumos, equipamentos e laboratórios utilizados para a realização do STE

Os insumos necessários para a realização do ensaio de dureza Vickers são os equipamentos de medição e padrões de referência com dureza conhecida.

Pode ser necessária a preparação da amostra utilizando o mesmo procedimento aplicado a ensaios metalográficos conforme descrito no portfólio LCMEEG04.

Etapa 1 Reunião inicial com o cliente

Etapa 2 Preparação de amostras, de modo geral envolvendo corte, limpeza em ultrassom e montagem em stubs pra inserção no MEV. No caso de amostras onde o que se deseja observar é a microestrutura, com ampliações maiores que a disponível na microscopia óptica, a preparação envolve todas as etapas descritas no portfólio LCMEEG04.

Etapa 3 Calibração do equipamento e realização do ensaio.

Etapa 4 Análise dos resultados e emissão de relatório técnico.

Cronograma de execução do STE

Utilizando como referência as etapas explicitadas na seção anterior estima-se que os tempos de execução atendam ao disposto na Tabela 3. Ressalta-se que variações são esperadas em função da complexidade da configuração estrutural a ser atendida pelo STE.

Tabela 3 – Cronograma das etapas para realização ensaio de dureza Vickers

Etapa 1	1 h
Etapa 2	1 h
Etapa 3	1 h
Etapa 4	1 h

Tabela 4 – Infraestrutura necessária para realização das etapas preparação de amostras para ensaio metalográfico

Etapa 1	Sala de reunião com recursos midáticos
Etapas 2	Cortadeira metalográfica, metalizadora, aparelho de limpeza por ultrassom. Caso necessário, preparação metalográfica conforme portfólio LCMEG04
Etapa 3	Microscópio eletrônico de varredura (MEV)
Etapa 4	Computador com suíte Office.

Eventuais certificações e garantias dos resultados obtidos do STE

Não aplicável.

Formação dos custos unitários/globais do STE Microscopia Eletrônica de varredura

Para o dimensionamento dos custos, o setor administrativo da ICT/IAE será responsável por estabelecer o custo da Hora Laboratório (HL), da Hora Computador (HC) e do Homem Hora (HH) referentes a ICT/IAE. Para a HL, tem-se como composição as horas em energia, do custo de manutenção de operacionalidade do equipamento e do custo de obsolescência do equipamento diluído em horas utilizadas pelo STE. Para a HC, considera-se o custo dos programas utilizados, de sua atualização e de sua obsolescência. Para o HH, estabelecem-se os valores referentes aos custos de serviços de funcionários de Nível Superior e Nível Médio. A tabela a seguir exibe a composição de custos com base nos valores de HL, HC e HH supracitados.

Tabela 5 – Composição de custos. Mão de Obra Dedicada	Atividade	Qualificação	Carga Horária (h)	Valor por Hora	Valor Total (R\$)
	Etapa 1	Nível Superior	1	R\$ 189,81	189,81
		Nível Técnico	1	R\$ 109,24	109,24
	Etapa 2	Nível Superior	0	R\$ 189,81	0
		Nível Técnico	1	R\$ 109,24	218,48
	Etapa 3	Nível Superior	0	0	0
		Nível Técnico	1	R\$ 109,24(*)	109,24
	Etapa 4	Nível Superior	1	R\$ 189,81	189,61
		Nível Técnico	1	0	0
TOTAL	R\$			707,27	

(*) custo por hora de ensaio. Mínimo 1h

Equipamentos Dedicados e de Apoio (Consumo Energético e Depreciação)	Tipo de Equipamento (Dedicado ou de Apoio)	Equipamento	Valor de Compra (conforme BMP)	Potência do Equipamento (em Watts)	Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE (min)	Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE (horas)	Consumo em kWh – Durante o tempo de utilização	Custo de Energia (R\$0,78 por kWh)	Depreciação Estimada por Hora de Uso	Valor Depreciado durante o tempo de uso em R\$
	Etapa 2	Limpeza ultrassônica		300	30	0,5	1,5	1,12		
		metalizadora		500	30	0,5	0,25	0,20		
	Etapa 3	Microscópio eletrônico de varredura		3000	60	1	3	7,02		
								R8,32		

CÁLCULO DO VALOR FINAL DO SERVIÇO	
Mão de Obra Dedicada	R\$ 707,27
Consumo Energético e Depreciação dos Equipamentos	R\$ 8,32
Depreciação de Instalações	R\$
Material de Consumo/Insumos	R\$ 200,00
TOTAL	R\$ 915.59

Considerando 1 h de ensaio o MEV

Informações que a contratante deve apresentar para apreciação do grau de inovação do STE

De acordo com o estabelecido na Política de Inovação da ICT/IAE, a contratante deve apresentar mediante Carta ao Instituto um compêndio de informações acerca da necessidade de realização de STE e que estejam enquadrados nos objetivos da Lei de Inovação de nº 10.973/04, mais especificamente os artigos 4º, 6º, 8º, 9º e 22º, e devidamente verificados pelo Chefe da VDIR-GI/IAE. Um encaminhamento formal será enviado para a Coordenadoria de Gestão da Inovação (DCTA-CGI), para enfim serem aprovados pelo Diretor da ICT/IAE.