

UFPb  
CCT

**DEM**

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECANICA

PROGRAMA DE INTEGRAÇÃO UNIVERSIDADE/EMPRESA

CURSO INTEGRADO

CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO

RELATORIO DE ESTAGIO SUPERVISIONADO

ALUNA : JADECLEIDE M. DE SIQUEIRA BRITO

CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO

Rua Aprégio Veloso, s/n - Telefone: (083) 321.7222 - Ramais 620 e 611.

Campina Grande - Paraíba

CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO  
CURSO INTEGRADO

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ALUNA: JADEGLEIDE M. DE SIQUEIRA BRITO

MATRÍCULA: 7911087-7

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

LOCAL DE ESTÁGIO: LABORATÓRIO DE METALOGRAFIA

DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA

PARAÍBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
PRO - REITÓRIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

---

### RELATÓRIO DE ESTÁGIO

- Chefe do Departamento de Engenharia Mecânica:  
Félix de Nole Pinheiro Brasil
- Coordenador de Estágio:  
José da Silva Quirino
- Professor Orientador:  
Manassés da Costa Agra Mello
- Local do Estágio:  
Laboratório de Metalografia (DEM-CCT-UFPB)



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB



## SUMÁRIO

- I Agradecimentos
- II Introdução
- III Descrição do Laboratório
- IV Trabalhos Desenvolvidos ou Acompanhados Durante o Estágio
- V Conclusão
- VI Anexos
- VII Bibliografia

## I - Agradecimentos

Agradecimentos a todos aqueles funcionários e professores, que direta ou indiretamente contribuíram para o bom desempenho do estágio. Em especial diferênciamos a eficaz colaboração do orientador, professor Manassés da Costa Agra Mello, que sem medir esforços sempre dedicou seu tempo disponível na orientação aos trabalhos desenvolvidos por esta estagiária. Esta colaboração sem dúvida alguma representou papel preponderante nos ensinamentos e experiências adquiridas ao longo desses dias. Como também não poderia deixar de ser, dirigimos nossos agradecimentos a Universidade Federal da Paraíba, que ao permitir este estágio culminou com valorosos subsídios indispensáveis para a formação desta aluna.

## II - INTRODUÇÃO

O relatório que nos propomos apresentar, é fruto de um trabalho que contou com a colaboração integral dos que fazem o Departamento de Engenharia Mecânica desta Universidade. Por parte desta estagiária o total empenho e interesse estiveram presentes constantemente. Lamentamos porém a tão curta duração do mesmo, porquanto acreditamos, que os frutos que se pudessem conseguir seriam em muito maior volume. Nem por isso entretanto, os ensinamentos deixaram de ser importantes e fundamentais para o aprendizado e formação desta estudante. O campo da metalografia é muito vasto e reveste-se de importância fundamental para o progresso e desenvolvimento do mundo, e neste aspecto a Universidade Federal da Paraíba, Campus II, com seu laboratório tão bem estruturado tem contribuído decisivamente para dar aos seus alunos uma visão global do contexto que ele abrange. Esta estagiária sente-se honrada em poder ter participado durante aqueles dias, dos trabalhos que ali se desenvolvem, e em ter vivido de perto um pouco dos segredos que envolvem esse campo de rara importância.

### III - DESCRIÇÃO DO LABORATÓRIO

O laboratório de Metalografia do Campus II, da Universidade Federal da Paraíba está instalado em uma área de 168,3m<sup>2</sup>. Contando com vários equipamentos modernos proporciona ao aluno uma visão global muito boa do que compreende um laboratório para desenvolvimentos daqueles trabalhos.

A distribuição dos equipamentos ali existentes pode ser vista no lay-out anexo e consta de uma numeração conforme veremos a seguir:



## LABORATORIO DE METALOGRAFIA

Equipamentos

- 1 e 2 - Corte de amostras Metalográficas até 35mm de diâmetro com refrigeração.
- 3 - Esmeril de rebolo, para diâmetro de 200mm.
- 4 - Estufa com circulação de ar forçado mod. 330/5-FANEM.
- 5 e 30 - Durômetro para HR, HB, HV.
- 6,18 e 19 - Politriz automática p/amostras Metalográficas mod. MONTASO - PAL 211.
- 7 e 8 - Politriz Metalográfica p/pasta de diamante mod. DP-9.
- 9,10,11,12 e 13 - Lixadeira Manual para amostras Metalográficas.
- 16 e 17 - Politriz Metalográfica p/pasta de alumina.
- 20 - Prensa Hidráulica para amostras Metalográficas.
- 22,23,24,25,26 e 27 - Microscópio Metalográfico binocular mod. MEC-5 Bi.
- 14 e 15 - Politriz de dois pratos para amostras Metalográficas mod. METASINEX.
- 28 - Microscópio Metalográfico binocular mod. METAVAL.
- 29 - Microscópio Metalográfico binocular mod. LABAVAL.

- 21 - Analizador de Carbono e Enxofre.
- 31 - Aparelho de ULTRASOM TRANSISTORIZADO mod. MARK-1
- 33 - Microscópio Metalográfico WILD LEITZ para imagens GRAN CAMPO de 28 de diâmetro mod. MM6 (Banco Metalográfico)
- 32 - Microcôpio Metalográfico OLYMPUS mod. PME



#### IV - Trabalhos desenvolvidos ou acompanhados durante o estágio

Como o estágio em apreço desenvolveu-se em um laboratório de metalografia, esta estagiária achou oportuno citar tópicos intrinsecamente relacionados a esta área, dotados de importância fundamental para aqueles que pesquisam esta campo e principalmente para aqueles que se dedicam à atividades nestes laboratórios.

##### IV-1 - Definições:

**ATAQUE QUÍMICO** - quando uma superfície é submetida uniformemente à ação de um reativo, acontece quase sempre que certas regiões são atacadas com maior intensidade do que outras. Isto porque sofre uma série de transformações eletroquímicas baseadas no processo de oxido-redução, cujo aumento do contraste se deve às diferenças do potencial eletro-químico.

**EMBUTIMENTO** - Faz-se necessário uma montagem quando se trata de amostras com pequenas dimensões, facilitando assim o manuseio, como também evitando que amostras com arestas, rasquem a lixa ou o pano de polimento.

O embutimento pode ser: à frio, à quente.

**EXAME METALOGRAFICO** - O exame metalográfico encara o metal sob o ponto de vista de sua estrutura, procurando relacioná-la às propriedades físicas, composição, processo de fabricação, etc., de modo a poder esclarecer, ou prever seu comportamento numa determinada aplicação. O exame pode ser feito à vista desarmada ( exame macrográfico, ou macrografia ) ou com o auxílio de um microscópio ( exame micrográfico ou micrografia).

Esses exames são feitos em secções do material, polidas e atacadas com reativos adequados.

O exame metalográfico fornece dados sobre como o material ou a peça foram feitos e também sobre sua homogeneidade.



LIXAMENTO - é geralmente feito atritando a superfície sobre a lixa, mas quando a peça é grande, pode-se prendê-la numa morsa, com a face a polir voltada para cima, e passa-se então a lixa com auxílio de uma régua.

A técnica do lixamento consiste em melhorar a superfície a ser estudada como também manter a textura do material o mais original possível. Ao lixar, deve-se proceder usando lixas de granulometria cada vez menor e mudando de direção (90°) em cada lixa subsequente até desaparecerem os traços da lixa anterior.

MACROGRAFIA - A macrografia consiste no exame do aspecto de uma peça ou amostra metálica, segundo uma secção plana devidamente polida e em regra atacada por um reativo apropriado. O aspecto, assim obtido, chama-se macro-estrutura. O exame é feito à vista desarmada ou com auxílio de uma lupa.

A palavra macrografia é também empregada para designar os documentos que reproduzem a macro-estrutura, em tamanho natural ou com ampliação máxima de 10 vezes. Para ampliação máxima de 10 vezes. Para ampliações maiores, emprega-se o termo micrografia, porque são, em geral, obtidas com o microscópio.

MICROGRAFIA - A metalografia microscópica (ou micrografia dos metais) estuda os produtos metalúrgicos, com auxílio do microscópio, visando a determinação de seus constituintes e de sua textura. Este estudo é feito em superfícies previamente polidas e, em geral, atacadas por um reativo adequado.

MICROSCÓPIO METALOGRAFICO - A partir do microscópio comum, já bastante conhecido, foi desenvolvido o microscópio metalográfico, que devido à natureza dimensional das amostras envolvidas, sua capacidade praticamente sempre a considerar e às características comuns de superfície, assumiu formas específicas e gerou uma série de técnicas e dispositivos que facilitam, e às vezes são assim possibilitam a execução dessas mesmas técnicas.

Mais precisamente, fala-se de posicionamento das amostras, iluminação apropriada e técnicas fotográficas.

IV-2 - É evidente entretanto, que existe como em todas outras atividades uma sequência lógica, que estabelece o procedimento de um exame metalográfico. Assim sendo, esta estagiária achou também oportuno citar com detalhes as etapas que envolvem os trabalhos em um laboratório de metalografia.

O primeiro passo consiste em saber qual o fim visado e o que se deseja obter. Para isso necessita-se de uma amostra escolhida e preparada com critério.

A técnica de preparo de uma amostra metalográfica abrange etapas distintas. Estas etapas de forma ordenada compreendem as seguintes:

#### 1 - Seccionamento ou Corte

A escolha e localização da secção a ser estudada, ficará a critério do analista, que será guiado pela forma, pelos dados que se quer obter e por outras considerações da peça em estudo.

O seccionamento da amostra deve ser efetuado de tal maneira permitindo que as preparações subsequentes não sejam complicadas. Os métodos de corte estão divididos em quatro grupos de acordo com o processo usado:

- Corte por maçarico de oxigênio
- Corte mecânico
- Corte por eletro-erosão
- Corte eletroquímico

Um corte transversal permitirá verificar:

- a natureza do material;
- seção homogênea ou não;
- forma e intensidade da segregação;
- posição, forma e dimensões das bolhas;
- forma e dimensões das dentritas;
- existência de restos do vazio;
- profundidade da tempera

Um corte longitudinal será preferível quando se quiser verificar:

- se uma peça foi estampada ou torneada;
- se a peça é fundida, forjada ou laminada;
- solda de barras;
- extensão de tratamento térmicos superficiais, etc.

Durante a operação de corte deve-se tomar o máximo de cuidado para não danificar a estrutura da amostra por encruamentos locais ou excessivos aquecimentos a mais de 1000°C (em peças temperadas), pois estes fenômenos seriam mais tarde postos em evidência pelo ataque, adulterando-se as conclusões do ensaio. Portanto, a máquina de corte deve permitir o acoplamento de acessórios que facilitam



tem o operador obter resultados coerentes. Os acessórios mais utilizados são: o sistema de recirculação de água e o dispositivo hidropneumático. Os defeitos mais comuns que aparecem durante a operação de corte são:

- Quebra do disco
- Aquecimento Excessivo
- Desgaste excessivo do disco de corte
- Formação de Rebarbas.

## 2. Montagem

A necessidade da montagem da amostra para o ensaio metalográfico é de grande importância, pois além de facilitar o manuseio de peças pequenas, evita que as amostras com arestas, rasquem a lixa ou o pano de polimento, bem como seu abaulamento durante o polimento, o que influencia bastante na observação microscópica. A montagem com resinas sintéticas apresenta ainda as seguintes vantagens:

- São neutras em relação as soluções de ataque;
- impedem a infiltração das soluções em poros e fendas;
- a dureza pode ser adaptada à dureza do material a ser embutido, através de aditivos específicos.

A montagem divide-se em fixação e embutimento.

1. Fixação: é um sistema de montagem econômico para a preparação de séries de amostras com dimensões constantes. Não é indicado entretanto para operações com amostras moles, de geometria variável ou de qualquer outro material sensível.

2. Ebutimento: consiste em circuncidar a amostra com um material adequado, formando um corpo único. O embutimento pode ser:

- a frio quando se usa resinas sintéticas de polimerização rápidas;
- a quente quando a amostra é embutida em materiais termoplásticos por meio de prensas.

O embutimento a frio se utiliza de resinas autopolimerizáveis, as quais consistem geralmente de duas substâncias, formando um líquido viscoso quando misturadas. Esta mistura é ver-

tida dentro de um molde plástico onde se encontra a amostra, polimerizando-se após um certo tempo.

A reação de polimerização a despeito do nome que a operação de embutimento a frio tem, é fortemente exotérmica, atingindo temperaturas entre 50 e 120°C, com um tempo de endurecimento que varia de 0,2 a 24 h, dependendo do tipo de resina empregada e do catalizador.

O embutimento a quente: utiliza-se de pressão e aquecimento para efetuar a polimerização da resina através de aparelhos denominados prensas de embutimento. Os materiais utilizados para este tipo de montagem são classificados da seguinte maneira:

- materiais que necessitam de aquecimento e pressão durante a sua fusão, polimerizando-se em alta temperatura. Neste grupo, estão incluídas resinas do tipo baquelite e dialilftalato.
- materiais que são fluidos em alta temperatura e se endurecem sob pressão a baixa temperatura. Neste grupo então estão as acrílicas (plexiglas).

A prensa de embutimento compõe-se de duas partes: o sistema hidráulico, através do qual obtém-se uma pressão variável do qual obtém-se uma pressão variável, e a unidade de embutimento onde se processa o aquecimento da resina. Um termostato controla a temperatura de fusão, permitindo um ajuste adequado para os mais diversos tipos de resinas empregadas para esta finalidade. A unidade de embutimento possui ainda um sistema de refrigeração à água, o qual facilita sobre-maneira a remoção e esfriamento da amostra embutida.



### 3. LIXAMENTO

Para se ter uma idéia do conceito atual de como é efetuada a preparação de uma superfície por lixamento, pode-se compará-la ao processo de usinagem. Assim quando a ferramenta de desbaste, com um determinado ângulo de corte, é pressionada contra uma peça em rotação, causa-lhe uma zona de tensão, permanentemente deformada, onde é extraída uma partícula denominada cavaco. Quanto menor for o ângulo de corte ( que pode ser negativo ), maior será a força necessária para a ferramenta atuar na peça em questão, causando como consequência uma região mais acentuada de deformação permanente.

Para o lixamento, os grãos abrasivos são firmemente fixados em um material aglutinante permitindo-se que os mesmos atuem simultaneamente como se fossem pequenas ferramentas de corte usadas no processo de usinagem. Os grãos abrasivos devem, portanto, ser agudos para permitir o corte do material, e suficientemente duros afim de não sofrerem esfoliações rápidas.

#### - Abrasivos e Granulometria

Dos materiais mais indicados para atender a estas exigências se destacam os minerais naturais ou sintéticos de maior dureza, tais como: diamante, nitreto de boro, carbeto de boro, carbeto de silício e óxido de alumínio.

A escolha do abrasivo mais indicado para um determinado tipo de trabalho metalográfico ficará a critério de duas variáveis, o poder de desbaste e o seu custo. O poder de desbaste é ainda avaliado não somente pela dureza do grão como também pela sua granulometria. A granulometria é baseada em números. Portanto, o número de grãos abrasivos é definido como a quantidade de grãos mais grossos, que uma peneira com um determinado número de malhas por polegada permite passar através da mesma.

#### - Técnicas de lixamento

A técnica do lixamento consiste em se lixar a amostra sucessivamente com lixas de granulometria cada vez menor, mudando-se de direção (90°) em cada lixa subsequente até desaparecerem os traços da lixa anterior.

A prática indica que a sequência mais adequada para o trabalho metalográfico é 220, 320, 400, 600 ou 800, sendo o tempo de lixamento o dobro para cada estágio até que todos os riscos anteriores sejam retirados.



De acordo com a natureza da amostra, a pressão de trabalho e a velocidade de lixamento, surgem deformações plásticas em toda a superfície, por amassamento e aumento de temperatura.

Estes fatores devem ser evitados ao máximo, pois podem dar origem a uma imagem falseada. Inclusões duras se desgastam menos; após um certo tempo são arrancadas da superfície e a depressão resultante é preenchida com pó ou então exageradamente ampliada ao microscópio. Por isso o requerimento primordial da técnica micrográfica de lixamento é:

- escolha adequada do material de lixamento em relação à amostra e ao tipo de exame final;
- a superfície deve estar sempre rigorosamente limpa e isenta de líquidos e graxas que possam provocar reações químicas na superfície;
- riscos profundos que surgirão durante o lixamento, de preferência devem ser eliminados por novo lixamento, pois um polimento demorado em geral não é aconselhável.
- metais diferentes não devem ser lixados com utilização da mesma lixa;
- aconselha-se sempre usar lixas do mesmo fabricante, pois a numeração granulométrica idêntica não é garantia suficiente para se obter os mesmos resultados.

#### - Processos de lixamento

São os seguintes os processos básicos de lixamento, de acordo com o equipamento utilizado:

- Seco, a amostra é invertida e lixada diretamente sobre a superfície da lixa;
- Úmido, este processo facilita o lixamento, evitando aquecimento e a formação de poeira no ar;
- Manual, a amostra é trabalhada pelo analista diretamente sobre a lixadeira, ou em máquinas verticais de desbaste através de rebolos, quando se necessita de um lixamento de precisão;
- Automático, este processo evita o trabalho monótono de lixamento manual. Diversas amostras são fixadas em suportes e lixadas sob a ação de cargas variáveis. Pode-se assim comparar diversas amostras obtidas sob as mesmas condições.



#### 4. MARCAÇÃO / IDENTIFICAÇÃO

Principalmente na preparação de amostras em maior número e em série, é importante por motivos óbvios uma identificação clara e indelével das mesmas; de um modo geral, o gravador elétrico, vibrador, com ponta de metal duro, é a melhor escolha, produzindo marcações com as propriedades desejáveis. Aconselha-se para qualquer marcação que possa produzir rebarbas, eliminar as mesmas por lixamento posterior.

#### 5. LIMPEZA E SECAGEM DA AMOSTRA

Um dos estágios importantes da sequência de preparação de uma amostra metalográfica é a limpeza. A amostra metalográfica geralmente está impregnada com óleo, graxa, poeira, etc., bem como resíduos oriundos dos processos de corte, embutimento e lixamento. Toda amostra deve sofrer um processo de limpeza após cada estágio de preparação, sendo que este cuidado deve ser redobrado especialmente durante o polimento. A superfície da amostra em preparação deve estar isenta de traços de abrasivos e solventes, assim como, de encruamentos, deformações, poeira ou sujeira, pois em caso contrário as interpretações obtidas através do microscópio serão alteradas, resultando distorções tanto na observação visual, como fotomicrográfica.

O método de limpeza mais simples consiste em enxaguar as amostras com água. Entretanto, como toda operação de limpeza por lavagem, requer um processo de secagem, aconselha-se usar, em metalografia, líquidos de baixo ponto de ebulição, tais como álcool, éter etc. os quais são posteriormente secados rapidamente através de um jato de ar quente fornecido por ventoinha elétrica. Entretanto, a enxaguagem nem sempre é suficiente para remover os vestígios de detritos, alojados nos interstícios da superfície da amostra, necessitando-se desta maneira um processo mais eficaz, a limpeza ultrasônica. O sistema usado em um aparelho de limpeza ultrasônica de laboratório, funciona assim: transdutor, essencialmente um dispositivo que responde a impulsos elétricos, produzindo efeito piezoelétrico ou magnetostritivo, recebe, a partir da rede de distribuição, um sinal adequadamente amplificado, vibrando na frequência da tensão aplicada; ou seja, converte a energia em energia ultrasônica. Nos aparelhos de laboratório, o transdutor é geralmente fixado no fundo de um recipiente de metal contendo um meio líquido, adequado para a limpeza. A superfície do transdutor confere à vibração a solução de limpeza e produz o efeito conhecido como cavitação.



A cavitação no caso, age pela formação e estouro de micro-bolhas ou cavidades, resultantes da intensa agitação causada no líquido pela energia ultrasônica. A cavitação causa uma erosiva na superfície da amostra, semelhante a um esfregaço. Desta maneira a limpeza ultrasônica, combinada com procedimentos convencionais, fornece um rápido e prático método de limpeza de amostras metalográficas.

## 6. POLIMENTO

Consiste na obtenção de uma superfície isenta de riscos, de modo a se obter uma imagem clara e perfeita ao microscópio, da estrutura em observação. O polimento pode ser:

### 6.1 - Processo Mecânico

Quando se usa uma politriz fixa ou motorizada, apresentando esta última geralmente velocidade variável. O polimento mecânico pode ser ainda manual quando a amostra é trabalhada manualmente no disco de polimento e automático quando as amostras são fixadas em dispositivos especiais e polidas sob a ação de cargas variáveis. O polimento mecânico é ainda classificado quanto aos estágios de preparação; em pré-polimento para reduzir a espessura da camada deformada, e polimento final para a remoção dos riscos da superfície da amostra. Como material de polimento tem-se:

- Óxido de Cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ );
- Óxido de Magnésio ( $\text{MgO}$ );
- Óxido de Alumínio ou Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ );
- diamante natural ou sintético.

Destes agentes polidores, a alumina e o diamante são os mais utilizados para o polimento mecânico, destacando-se este último devido às suas características de granulometria, dureza, forma dos grãos e poder de desbaste. O polimento mecânico é processado com pastas de granulometria cada vez menor, analogamente ao lixamento. Assim, no pré-polimento a granulometria das pastas usadas oscila de  $45\mu$  a  $6\mu$ , enquanto que no polimento final de  $3\mu$  a  $0,25\mu$ . Devido ao polimento ser uma etapa de acabamento da superfície da amostra, o suporte do agente polidor deve ser bem mais mole do que aquele utilizado nos processos anteriores. Utilizam-se para isso, panos ou feltros cuja estrutura têxtil é altamente controlada, permitindo um perfeito balanceamento agente polidor/amostra.



Para se obter uma superfície perfeitamente polida, os seguintes cuidados devem ser observados:

- a superfície deve estar sempre rigorosamente limpa e isenta de poeira ou vestígios do lixamento e polimento anterior, para não provocar riscos;

- a escolha adequada do material de polimento em relação à amostra e ao tipo de exame é de grande importância para obtenção de um resultado final coerente;

- evitar polimentos demorados, pois isto pode causar defeitos superficiais geralmente conhecidos como abaulamento de borda;

- nunca polir amostras diferentes sobre o mesmo pano de polimento, pois caso contrário os vestígios de desbaste das mais duras poderão riscar as mais moles. Manter todo o material de polimento rigorosamente limpo e armazenado adequadamente;

- evitar fricção excessiva entre amostra e pano de polimento, usando lubrificantes adequados;

- evitar pressão excessiva sobre a amostra durante o polimento. Os materiais duros são polidos com maior pressão do que os moles. Geralmente a maior pressão é usada no pré-polimento, decrescendo durante o polimento final até ao peso da amostra somente. Durante o polimento mecânico manual, a amostra deve ser constantemente movimentada de diversas maneiras: em círculos opostos à rotação do disco de polimento (sentido horário), ou em torno do seu próprio eixo no mesmo ponto do disco de polimento.

- A velocidade do disco de polimento deve ser normalmente de 250 rpm, e de 600 rpm para o polimento com pasta de diamante e alumina respectivamente.

## 6.2. Processo semi-automático em sequência

Com o advento do microscópio de classificação quantitativa automática, a preparação da superfície das amostras, exigiu um método de trabalho rápido e preciso, permitindo ação de desbaste durante o lixamento o mais linear possível, e controle da carga aplicada sobre a amostra, ajustável para atender às necessidades tanto do lixamento como do polimento final. O sistema semi-automático em sequência, permite que todas as variáveis sejam perfeitamente controladas pelo operador, eliminando a relação analista/amostra.



### 6.3. Processo eletrolítico

Este processo, descoberto por Jacquet em 1935, permite obter por dissolução anódica de um metal em um eletrólito, uma superfície plana, polida e perfeitamente espelhada para a observação metalográfica.

Apesar de ser a teoria eletrolítica a base do polimento eletrolítico, necessita-se de condições especiais para que este processo seja efetuado adequadamente. Durante o polimento eletrolítico, além da remoção do material, deseja-se que a superfície da amostra seja alisada de tal maneira que as irregularidades, bem como relevos sub-microscópicos desapareçam completamente, resultando em polimento.

A escolha do tipo de polimento

Os materiais podem ser divididos em três grupos principais, de acordo com o método de polimento indicado:

- Materiais homogêneos comuns ( aço, cobre, etc.) usa-se o polimento mecânico ( pasta de diamante ) podendo ainda ser usado o polimento eletrolítico. Este processo Mecano-eletrolítico é outro processo de polimento.

## 7. Ataque

Uma amostra lixada e polida está pronta para o exame macro ou microscópico desde que os seus elementos estruturais possam ser distinguidos uns dos outros, através da diferenciação de cor, relevo e falhas estruturais como trincos, poros, etc...

Geralmente uma superfície metálica polida reflete a luz uniformemente, de tal maneira que os detalhes de sua estrutura não podem ser distinguidos, necessitando-se constrata-los adequadamente. Trabalha-se com os seguintes tipos de ataque:

### 7.1 Ataque Óptico

Consiste de uma série de métodos pelos quais o aumento do contraste entre os componentes estruturais é conseguido por meios óticos, sem mudanças da superfície da amostra. Este tipo de ataque é bastante vantajoso, principalmente devido à sua rapidez bem como por evitar-se o uso de reagentes que poderiam causar a adulteração da estrutura em exame. Os mais importantes métodos

deste ataque, são os que usam diferentes tipos de iluminação, todos baseados no princípio de iluminação Koehler. Distinguem-se : iluminação campo escuro; contraste de fase e por interferência ; luz polarizada.

## 7.2 . Ataque Químico

A superfície da amostra quando atacada por reagentes específicos sofre uma série de transformações eletroquímicas baseadas no processo de óxido - redução, cujo aumento do contraste se deve às diferenças do potencial eletroquímico. São formadas células locais onde os constituintes quimicamente menos nobres, atuam como um ânodo, reagindo mais intensamente que os mais nobres. Para o ataque químico são usadas soluções aquosas ou alcoólicas de ácidos, bases e sais, bem como sais fundidos ou vapores. As condições de ataque, tais como composição química, temperatura e tempo, podem ser variados para atingir as mais diversas finalidades de contraste. O ataque químico pode ser dividido em dois grupos:

O macro - ataque - evidencia a macro-estrutura, a qual pode ser observada a olho nũ ou através de uma lupa de baixo aumento. Geralmente a preparação da amostra para o macro-ataque limita-se ao lixamento. Em alguns casos, porém deve-se efetuar um pré-polimento.

O micro-ataque-evidencia a estrutura íntima do material em estudo, podendo esta ser observada através de um microscópio metalográfico.

## 7.3 Ataque eletrolítico ou anódico

Um ataque seletivo para certos tipos de fases do corpo de prova, colocado como ânodo em um determinado eletrólito. Este ataque é com frequência efetuado imediatamente após o polimento eletrolítico, diminuindo-se a tensão de processo do polimento.

## 7.4 Ataque Potenciostático

Um ataque anódico, onde a diferença de potencial é ajustada para que certas fases da amostra sejam evidenciadas de maneira bem definida.



### 7.5 Ataque Físico

Baseado na remoção de átomos da superfície da amostra através da aplicação de energia suficiente para separá-los da rede atômica adjacente. A energia pode ser fornecida através de calor ou de elevada diferença de potencial, tendo-se desta maneira o ataque térmico e o catódico respectivamente.

## 8.0 - O MICROSCÓPIO METALGRÁFICO

A micrografia é o ramo da metalografia que estuda, interpreta e registra os detalhes e estrutura física dos metais por meio do microscópio.

Com o avanço da técnica microscópica e fotográfica, os resultados micrográficos puderam ser registrados por meio da fotomicrografia que é de grande valia como ilustração em relatórios de laboratório para confronto com normas e especificações.

Devido as condições dos objetos examinados em metalografia os microscópio para esta finalidade são construídos observando-se uma série de características ópticas e mecânicas das quais se distingue os vários tipos de microscópios:

### 8.1 - TIPOS DE MICROSCÓPIOS METALGRÁFICOS

De observação direta - microscópio comum com o plano óptico refletor interposto no interior do mesmo, formando com o eixo óptico um ângulo de 45º, um feixe luminoso de baixa intensidade incide sobre o plano óptico, permitindo que a luz refletida ilumine a superfície opaca do corpo de prova.

8.2 - De platina invertida - nos laboratórios metalográficos o exame é feito com auxílio de microscópios apropriados geralmente chamados bancos metalográficos, que permitem examinar o corpo de prova e fotografar comodamente as imagens observadas. Nestes aparelhos a objetiva está colocada embaixo da platina e voltada para cima. Esta disposição facilita, estando a superfície do corpo em exame automaticamente normal à direção do eixo óptico do microscópio.

8.3 - Sem platina, portátil - microscópio compacto, indicado especialmente para exames e verificações de su perfícies planas ou curvas de peças grandes, tais como, tanques, folhas de metais, peças fundidas, etc., as quais na prática são inacessíveis ao microscópio metalográfico comum de laboratório.

#### - Sistema ótico

A primeira e mais importante consideração em microscopia é representada pela qualidade e função dos elementos óticos, dentre as quais a objetiva se destaca como elemento chave, pois deve formar a imagem dos detalhes da amostra corretamente.

#### - Propriedades de objetivas

1. Ampliação : A dimensão da imagem é determinada pelo poder de ampliação do sistema objetiva-ocular, o comprimento do tubo do microscópio é a distância da ocular ao objeto. O poder de ampliação da objetiva é geralmente definido pela dimensão da imagem a uma distância fixa da objetiva.

2. Abertura numérica ( AN ) - é o valor numérico da quantidade de luz recebida por um objeto ou então o poder da lente de recolher a luz. Matematicamente pode ser expressa como:  
 $AN = n \cdot \sin u$

3. Poder de resolução - uma vez conhecida a AN de uma objetiva e o comprimento de onda da iluminação utilizada, pode ser computado o poder de resolução; não existindo o comprimento de onda exato, pode-se usar o comprimento de onda dominante. A determinação obedece a seguinte relação

$$d = \frac{\lambda}{2 AN}$$

onde  $d$  = capacidade de resolução em  $\mu$ ,  
 $\lambda$  = comprimento de onda em  $\mu$ .

#### 4. Correção de observação óticas.

O fenômeno é conhecido através do prisma e seu poder de dispersão das cores, porém aplica-se igualmente às lentes. Em conjunto com imperfeições geométricas, as lentes sofrem aberrações do foco ideal, classificadas as mais importantes como segue:

Aberração esférica;  
 Aberração cromática e  
 Curvatura de Campo.



5. Tipos de objetivas : Os principais tipos efetuam correções otimizadas para sua finalidade, e são os seguintes:

- Aeromática
- Apocromática
- Semi-apocromática ou fluorita
- Objetivas planas
- Objetivas de imersão em óleo

6. Oculares : A finalidade de uma ocular é ampliar a imagem primária, formada pela objetiva; transformando-a em uma imagem real.

- Iluminação

Fonte de luz; a iluminação Koehler; iluminação incidente; prisma; iluminação em campo claro; iluminação em luz polarizada; contraste por interferência Normarski.

- Filtros - algumas das suas principais aplicações são:
  - Absorção infra-vermelha;
  - Absorção ultra-violeta;
  - Modificação da luz;
  - Filtros polarizadores;

IV.2 - Apesar de tudo que se salientou neste item com a finalidade de tornar mais claro o objetivo que se propõe, passaremos de modo sistemático a descrever o mais explícito possível os trabalhos ( experiências ) executadas e/ou acompanhadas durante este estágio.

1a. Experiência

1. Escolha da amostra

Amostra de aço em corte transversal, o que nos permite verificar:

- Seção homogênea ou não;
- Forma e intensidade da segregação;
- Posição, forma e dimensão das bolhas;
- Forma e dimensões das dentritas;
- Existência de restos de vazios;
- Profundidade da têmpera;

## 2. Montagem

Faz-se necessário uma montagem devido as pequenas dimensões da amostra. A montagem é de grande importância para o ensaio metalográfico, pois além de facilitar o manuseio de peças pequenas, evita que amostras com arestas, rasguem a lixa ou o pano de polimento, bem como o seu abaulamento durante o polimento, o que influencia bastante na observação microscópica. Esta montagem foi feita através do sistema de embutimento a quente. No embutimento a quente, utiliza-se de pressão e aquecimento para efetuar a polimerização da resina, através de aparelhos denominados prensas de embutimento.

- Prensa utilizada EMB-30 ( PRAZIS - Industria Brasileira )

com : Temperatura variando de 400 e 500°C

Pressão de 125 kg/cm<sup>2</sup>

Tempo de 8 min/para baquelite

- Material utilizado para embutimento:

- Baquelite

Propriedades : .Pouca contração

.Dureza HV 1 (Kg/mm<sup>2</sup> )= 40

.Boa qualidade quanto ao polimento

.Razoável resistência química

.Não possui condutividade elétrica

.Razoável adesão com a amostra

Antes de procedermos o embutimento, limpamos cuidadosamente o conjunto de moldagem da prensa, pulverizando o desmoldante D-30 ..... (PRAZIS), com distância de 25cm, aproximadamente, deixando uma finíssima camada. Em seguida colocamos a amostra e o material adequado para circundá-la, formando um corpo único, que neste caso foi o baquelite em pó preto. Liga-se o " time " para a fundição do baquelite que é de 8 min, mantendo-se a pressão em 125 Kgf/cm<sup>2</sup>. Terminado este tempo é acionada uma lâmpada que identifica o fim da operação. Então passa-se ao processo de resfriamento e só pode ser retirada a amostra embutida, quando a pressão voltar a zero... Kgf/cm<sup>2</sup>.

Deve-se tomar uma série de precauções durante a operação de embutimento a quente com materiais sintéticos, pois estes sofrem várias mudanças no decorrer do tempo, temperatura e pressão, podendo causar defeitos como fenda circunferencial, fenda radial, ausência de fusão e flocos de algodão.



Alguns dos cuidados que devemos ter:

- evitar arestas protuberantes;
- colocar uma quantidade de resina suficiente para que a face posterior da amostra não entre em contato com o êmbolo superior na unidade de embutimento;
- a temperatura de aquecimento é crítica e deve ser regulada precisamente através do termostato;
- a amostra deve estar limpa;
- a amostra deve ter pelo menos 10 - 15mm que o corpo do embutimento.

### 3. Identificação

Foi o primeiro passo a seguir, após retirada a amostra embutida.

- JB - Jadeleide Brito
- ACR - Aço ao Carbono Recozido
- 1 - Primeira amostra

### 4. Lixamento

Usamos lixadeiras manuais ALM-4 ( PRAZIS - Ind. Brasileira ) com 4 pistas. Cada uma com lixa de granulometria diferente, refrigeradas a água. Este processo facilita o lixamento, evitando aquecimento e a formação de poeira no ar.

Deve-se iniciar o lixamento com lixas de granulometria grosseira para melhorar a superfície e manter a textura da peça o mais original possível.

A técnica do lixamento consiste em se lixar a amostra em lixas de granulometria cada vez menor, mudando-se de direção (90º) em cada lixa subsequente, até desaparecerem os traços da lixa anterior. A sequência seguida foi 120 - 150 - 180 - 220 - 240 - 280 - 320 - 360 - 400.

## 5. Polimento

Usamos a Politriz semi-automática Metasinex, com lixa 600, e logo ap<sup>o</sup>s com pano de feltro e solução de oxido de alumínio para o polimento ou seja acabamentoo final.

## 6. Ataque:

Ácido - Nital

Solução de Aço Nítrico

## 2a. Experiência

A partir de dois tarugos de alumínio. Um coquilhado e outro feito em molde de areia, preparar a superfície para o exame metalográfico.

1. Lixamento - foi usada a lixadeira manual ALM-4 (Prazis - Ind. Brasileira) refrigerada a água. Com lixas de granulometrias: 280 - 320 - 340 - 400 - 600.

## 2. Ataque

Ácido - água régia fluorada

Ataque por aplicação tanto na superfície trabalhada quanto na superfície bruta.

O tarugo coquilhado apresentou um rechupe, que também foi atacado.

## 3a. Experiência

Acompanhei uma série de macrofotografias em um lingote de alumínio.

## 4a. Experiência

Preparar 8 amostras

## 1. Lixamento:

Usando a lixadeira manual ALM-4 (Prazis) refrigerada a água com lixas de granulometria 400 e 600



## 2. Polimento:

Polir as amostras com solução de óxido de alumínio ou seja, uma parte de óxido de alumínio para 6 de água, foi usada a politriz semi-automática ( DP-9 Panambra )

## 3. Observação ao microscópio

Verificou-se vários erros de lixamento e polimento e voltaram a ser lixadas na 600, posteriormente polidas e também atacadas com ácido nital a 3%.

## 5a. Experiência

Amostra SF - Corte Longitudinal ( 10X )

Material : Aço

Ataque por aplicação : Ácido Nítrico ( $\text{HNO}_3$ -3% )

Objetivo : Explicar o processo de fabricação.

Resultado obtido: Fibras acompanhando todo o contorno da peça. Regiões escuras nas curvas.

Conclusão : Foi obtido por meio de estiramento que é um processo de deformação a frio dos sólidos. Estas regiões escuras indicam que as fibras sofreram tensões, quando foram traçadas para o dobramento que sua forma apresenta.

## 6a. Experiência

Amostras	JJR	
em	MAC	( 10x )
Corte transversal	AAT	

Material : Aço Hipocentetóide

Ataque por aplicação : Ácido Nítrico ( $\text{HNO}_3$  - 3% )

Objetivo : Comparar as amostras.

Resultado obtido : Em cada embutimento temos dois tipos de amostras diferenciadas pelo diâmetro.

Observação na amostra MAC:

- Amostra de diâmetro maior apresenta granulações pequena. Amostra de diâmetro menor apresenta granulações grande.

Observações na amostra AAT.

- Amostra Central apresenta granulações menor.
- Amostras das bordas apresenta granulação maior.

Observação na amostra JJR.

- Amostra de diâmetro menor apresenta granulação pequena.
- Amostra de diâmetro maior apresenta granulação grande.

Conclusão: Entre os aços de igual composição, os de grãos mais finos possuem melhores propriedades mecânicas, pois as fissuras também se propagam mais facilmente no interior dos grãos graúdos, em virtude dos planos de clivagem serem mais extensos. A granulação grosseira torna o material quebradiço, porque a coesão entre grãos é afetada pela concentração de impurezas.

#### 7a. Experiência

Amostra JB ( 20 X )  
em corte transversal

Material : Aço ao Carbono Recozido

Ataques	1º ataque: Nital - 3% ( Insuficiente )
	2º ataque: Nital - 3% ( Ideal )
	3º ataque: Nital - 3% ( Excessivo )

Objetivo: Explicar o que foi observado após cada ataque.

Resultados obtidos e conclusões:

- Vimos no decorrer das disciplinas de Materiais de Construção I e II como também em pesquisas feitas no período deste estágio, que a região do contorno de grão possui grande energia, o que não acontece no interior do grão, onde os átomos estão perfeitamente acomodados, de acordo com o reticulado cristalino correspondente. Isto pode ser evidenciado na prática de laboratório, quando submetemos o metal ao ataque de um reagente químico. Para observação da estrutura, esta energia proporciona um



ataque mais rápido do contorno de grão, pois os átomos da zona de transição ou do contorno de grão se dissolveram mais rapidamente que os outros, ou seja, ao primeiro ataque. O resultado é o aparecimento de uma linha perfeitamente visível ao microscópio.

Após o segundo ataque pode-se então verificar a presença de grãos escuros de perlita e grãos claros de ferrita. Com o terceiro ataque, notou-se uma região com bastante grãos escuros confundido-se com os grãos de Perlita, devido ao ataque intenso.

#### 8a. Experiência

Amostra: FAJ ( 40X ) Corte transversal

Material : Aço Hipoeutetoide

Ataque : Ácido Nítrico (  $\text{HNO}_3$  - 3% )

Objetivo : Determinar o teor de Carbono desse aço.

Resultado obtido.

Aço Hipoeutetoide, presença de grãos de Perlita e Ferrita.

I        28 Ferrita                    = 34  
          6 Perlita

II        28 Ferrita                    = 35  
          7 Perlita

III       30 Ferrita                    = 35  
          5 Perlita

Cálculos.

I        6P - 34  
          x - 100                    x = 17,6

100P - 0,8%C  
17,6 - Y                    Y = 0,140

II        7P - 35  
          x - 100                    x = 20

100%P - 0,8%C  
20 - Y                    Y = 0,16

$$\begin{array}{l} \text{III} \quad 5P - 35 \\ \quad \quad x - 100 \qquad \qquad \quad x = 14,2 \\ \\ \quad \quad 100\%P - 0,8\%C \\ \quad \quad 14,2 - y \qquad \qquad \quad Y = 0,114 \end{array}$$

Resultado - 0 teor de Carbono  $\bar{e}$  0,14%

#### 9a. Experiência

Amostras 1, 2, 3, 4, 5 e 6

Ataque : Nital (  $\text{HNO}_3$  - 3% )

Objetivo - Identificação

Amostra 1 - Ferro fundido branco hipoeutético  
Dendritas de perlita, áreas pontilhadas de ledeburita, áreas brancas de cementita. ( 20 X ).

Amostra 2 - Ferro fundido cinzento; apresentando grafita do tipo A e grafita do tipo B. ( 5 X ).

#### Amostra 3 - Ferro Pudlado

É um produto siderúrgico de baixo teor de carbono ( até 0,2% ) obtidos no estado pastoso e contendo numerosas partículas de escória, em virtude do seu processo particular de fabricação ( pudlagem ). Possui boas qualidades tais como ductilidade, forjabilidade, caldeabilidade, certa resistência à corrosão, etc... Foi empregado em larga escala até há poucos anos em perfilados, barras, cantoneiras e utilizados em diversas construções, inclusive pontes, chapas, etc. Usado também em ganchos correntes, ferraduras, grades ornamentais, rebites e mesmo em eixos de locomotivas e de vagões.

#### Amostra 4 - Ferro Pudlado

Apresenta Zonas de segregações, desuniformidades entre os grãos, grande número de inclusões metálicas e não metálicas, inclusões de sulfeto de ferro provocado pelo enxofre oriundo do carvão e também apresenta inclusões de óxido de alumínio.



## Amostra 5 - Ferro Fundido

Maleável obtido pelo processo de grafitização em que toda a cementita, inclusive a perlita se decompõem em ferrita e grafita. A grafita se agrupa em forma de nódulos.

A maleabilidade decorre do fato da ferrita ser dúctil e a presença da grafita em nódulos não comprometeu tanto a coesão, como no caso de achar-se em veios. A fratura de um ferro fundido maleabilizado deste modo, apresenta a parte central muito escura e, em virtude disso, chamam-no de maleável de núcleo preto. Este é o processo preferido na América do Norte, por isto o produto é também conhecido por Fofo. Maleável Americano.

## Amostra 6 - Ferro Fundido

Maleável de núcleo branco - observa-se perlita, grafita e inclusões sobre um fundo de ferrita. Apresenta Zona de transição entre a parte central e a região periférica.

## V. CONCLUSÃO

É evidente que a apresentação de um trabalho pode ser muito mais bem dotada de informações e subsídios a partir do momento em que se pode colher um número mais apreciável de conhecimentos.

Acreditamos que o trabalho apresentado encaixa-se junto àqueles desprovidos de certos considerandos.

Entretanto, a importância de algo pode não estar diretamente ligada ao que se não disse, ou ao que pelas limitações próprias de cada um, não se soube dizer.

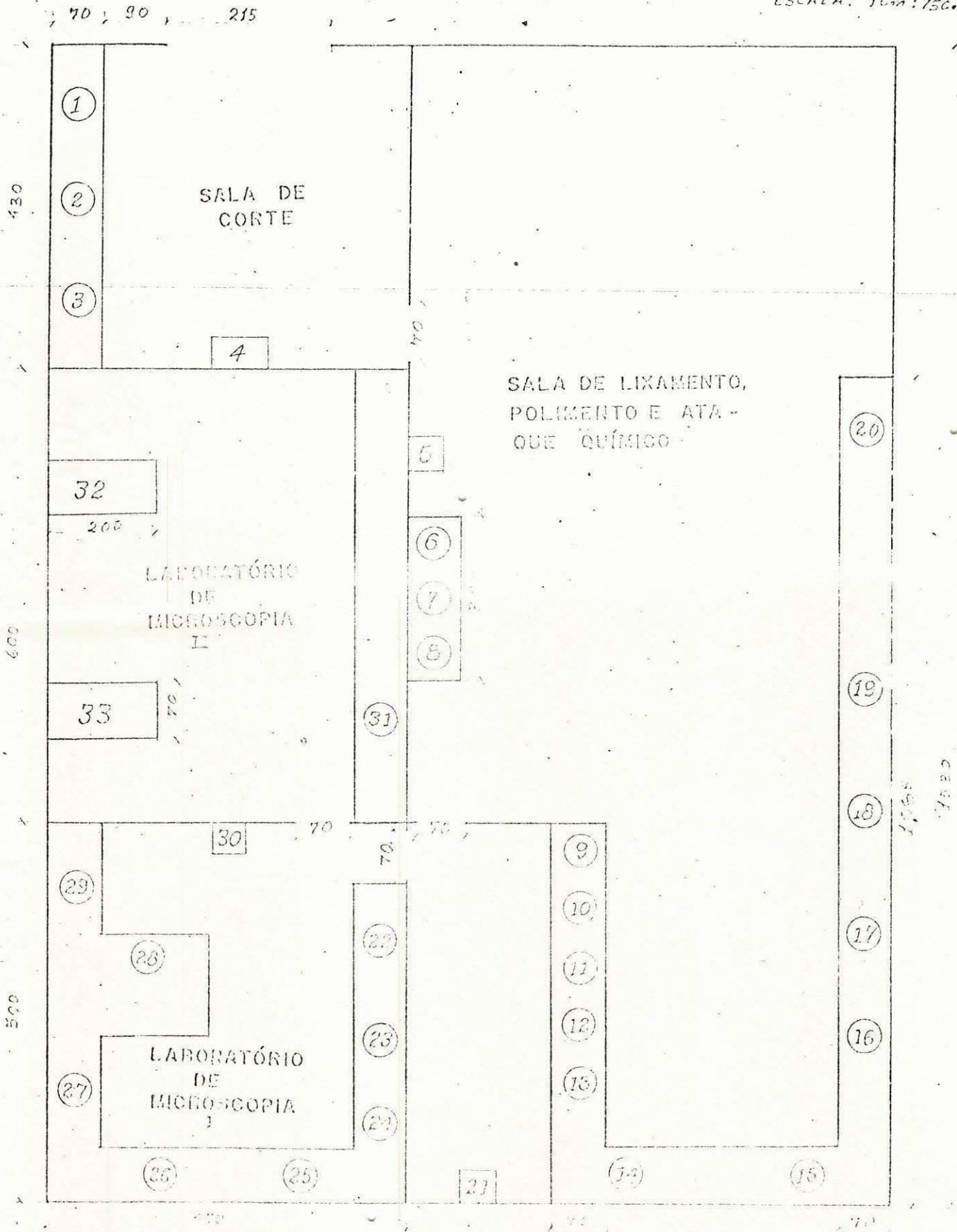
Muitas vezes porém é possível que se consiga ser claro, e não menos importante quando muito não se pode citar, apelamos para esta situação.



VI - A N E X O S .

LABORATÓRIO DE METALOGRAFIA - DEM - CCT - UFPb

ESCALA: 1cm : 75cm





## VII - BIBLIOGRAFIA

- COLPAERT , HUBERTUS , Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns, 1974, Editora Edgard Blucher Ltda.
- CHIAVERINI, VICENTE, Tecnologia Mecânica, volumes 1 e 2, 1978, Editora Mc. Grow Hill do Brasil.
- Catálogos de Fabricantes de Equipamentos.
- Apostila da revista Mundo Mecânico.