

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
DEPARTAMENTO DE GEMOLOGIA



Microscópios Gemológicos

Prof. José Albino Newman Fernández

A Ciência e o Microscópio

- Aumento das objetivas indicado por sua distância focal (Distâncias focais curtas = maiores aumentos objetiva);
- Vantagens de se utilizar um aumento nitidamente reduzido:
 - 1º pode-se ver no campo do microscópio uma maior extensão do espécime;
 - 2º a profundidade do foco é muito maior;
 - 3º a distância de trabalho entre a lente frontal da objetiva e a superfície do exemplar é muito maior o que torna mais difícil danificar o vidro macio das lentes pelo contato com arestas ou vértices duras da gema;
 - 4º em geral, a definição da imagem é mais clara com o aumento reduzido e a observação mais fácil para o principiante.

- O uso mais comum do microscópio gemológico é o estudo das características internas das gemas naturais e sintéticas assim como dos vidros e dos minerais compostos (“Doublets” e Triplets”).
- O emprego do microscópio é indispensável, principalmente, na identificação das esmeraldas, dos rubis e das safiras, mas não apenas destes.

- O exame das inclusões nessas gemas possibilita a separação entre as sintéticas e as naturais;
- Permite, em muitos casos, tirar conclusões com respeito a sua origem, dizer sua procedência (Ex: esmeralda de Carnaíba/BA ou esmeralda de Santa Terezinha /GO, etc.);
- Permite determinar o processo de fabricação, no caso da gema sintética (EX: esmeralda sintética “tipo hidrotermal” ou esmeralda sintética “tipo fluxo”)

Esquema Construtivo

- Quanto à construção, o microscópio gemológico assemelha-se, amplamente, ao microscópio usado na petrografia. consiste basicamente em dois sistemas de lentes, objetiva e ocular;
- Os microscópios gemológicos podem ser diferenciados em três tipos básicos quanto ao sistema óptico: os microscópios *monoculares* (uma única ocular), os *binoculares* (duas oculares) e os *estereoscópicos*;

- Os microscópios binoculares podem ser constituídos por um sistema de uma simples objetiva;
- A imagem está dividida entre as duas oculares, ou por dois sistemas de objetivas ligadas a sua própria ocular, chamado de estereoscópico;
- O sistema óptico do microscópio pode ser um sistema de lentes multiobjetivas, fornecendo aumentos fixos ou um sistema de lente objetivas "zoom", resultando em um aumento infinitamente variável.

- Por ser um microscópio combinado (com sistema ópticos compostos por objetivas e oculares) obtém-se o aumento total do microscópio gemológico como produto do aumento primário (= aumento da objetiva) com o aumento secundário (= aumento da ocular);
- O aumento usado geralmente para identificar uma gema fica na faixa de 20 X até 40X;
- Para o estudo mais detalhado das inclusões empregam-se aumentos de 80X- 100X, ou em certos casos até 160X-200X.

- O aumento total de microscópio é de importância secundária, sendo mais importantes as seguintes propriedades:
- o poder de resolução: capacidade de mostrar, distintamente separados, dois elementos diminutos (“pontos”) que se acham separados por pequenas distancias um do outro. O poder de resolução determina a capacidade de definir detalhes finos na estrutura de um objeto.
- A profundidade de foco: grandeza que define o intervalo para qual se ver nitidamente a imagem de um objeto. Em outras palavras, a profundidade do foco é a espessura da “camada” dentro da gema que é reproduzida nitidamente.
- O campo visual: diâmetro da área do objeto reproduzido pela objetiva.
- A distancia do trabalho: distancia entre a objetiva e o objeto.

A elevação do aumento usado diminuirá o campo visual, a distancia de trabalho e a profundidade de foco do microscópio.

- Quanto à posição do eixo óptico, existem dois tipos diferentes de microscópio gemológicos:
- 1.- o microscópio de eixo óptico horizontal e
- 2.- microscópio de eixo óptico vertical.

- O microscópio de eixo ótico vertical é utilizado para gemas com índice de refração acima de 1,800 e sua observação é feita em iluminação de campo escuro, o que possibilita a observação de uma diversidade menor de inclusões;
- A gema é suspensa por pinça que se coloca na direção da objetiva para ser observada contra um fundo escuro. A luz circular pode ser alçada para examinar a gema com luz incidente ou oblíqua.

Microscópio de eixo óptico vertical

- examinar gemas com I.R. acima de 1,80;
- Sua observação é feita com iluminação de campo escuro (estereoscopia + condensador);
- Diminui a possibilidade de identificar maior número de inclusões;
- Gema fica suspensa por uma pinça colocada na direção da objetiva para ser observada contra um fundo escuro;
- O cabo de fibra ótica pode ser usado para o exame da gema com luz incidente ou oblíqua.
- **Dentre os métodos não-destrutivos, somente alguns têm aplicação universal. Os maiores fatores limitantes são a transparência dos minerais hospedeiros e o tamanho das inclusões (Fuzikawa, 1985 in Castañeda,1995).**

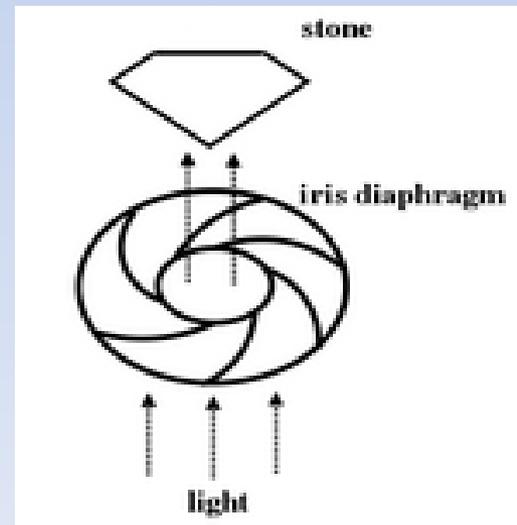
Microscópio de eixo óptico vertical

- Após a investigação descritiva da amostra (mapeamento das inclusões), escolhe-se o melhor método para a possível análise físico-química;





- O microscópio gemológico terá um diafragma ajustável que lhe permitirá reduzir a fonte de luz, fechando o diafragma para apenas uma pequena abertura milimétrica.
- Abrindo o diafragma para pouco menos do que o diâmetro da gema funciona como uma "sombra" técnica.

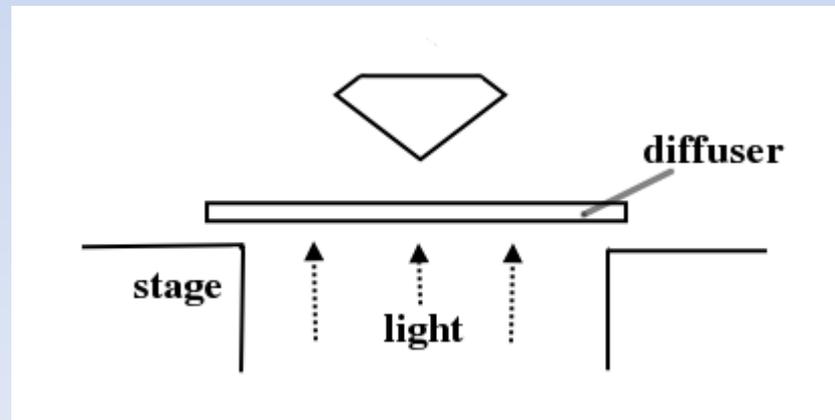


- **Iluminação difusa**

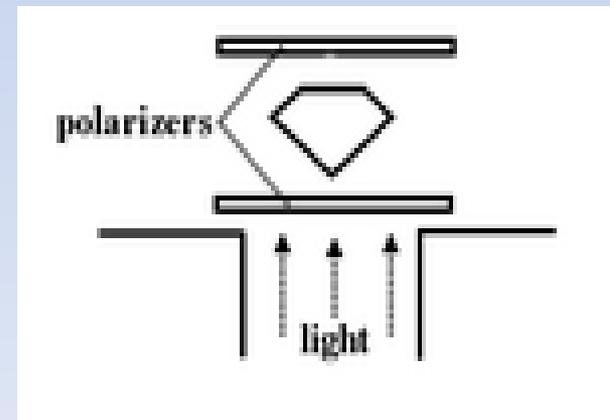
- Quando uma folha de papel de seda ou qualquer outro objeto difusão é colocado sobre a iluminação de luz brilhante, a luz vai se dispersa e se suavizou. Isto torna mais fácil para observar amplo zoneamento de cor e bandas de cor.

- Um plástico branco fosco ou placa de vidro é melhor para esta técnica. Um difusor azul pode vir a calhar quando se olha para amarelo para laranja pedras, como o azul vai neutralizar o tom amarelado na maioria das fontes de luz.

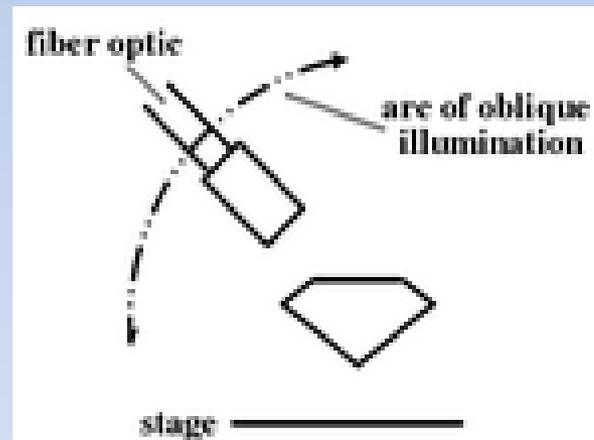
- Quando você usa o lenço de papel, certifique-se de que o tecido não fique aquecido pela luz que é um potencial perigo de incêndio.



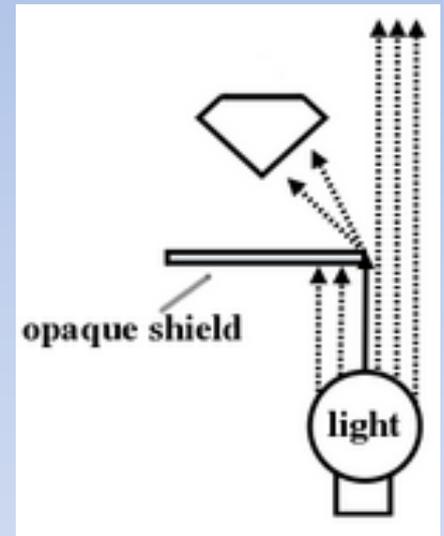
- **Iluminação polarizada**
- Com os filtros de polarização no lugar, torna-se o microscópio um microscópio de polarização (um polariscópio com o benefício de ampliação). Isto é muito útil quando se olha para os planos individuais, tensão, pleocroísmo, e para determinar o caráter ótico (e sinais) e para distinguir sintético de quartzo natural.



- **Iluminação oblíqua**
- Iluminação de fibra óptica tem a grande vantagem de deixá-lo dirigir e concentrar a luz onde ela é mais necessária para ver dentro da pedra preciosa.

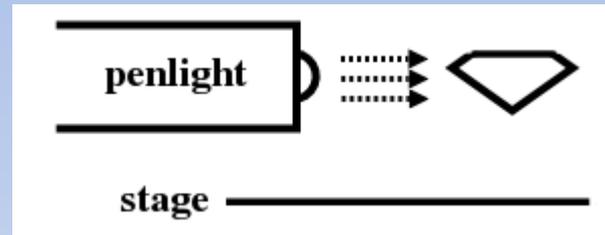


- **Técnica do Sombreamento**
- Utiliza-se um objeto opaco fino (como um cartão) é inserido no caminho da luz.
- Este objeto introduzido provoca difração do feixe de luz e a imagem tridimensional das inclusões é aumentada, estruturas de crescimento, tais como a geminação e estrias curvas são muito mais facilmente observadas com esta técnica.



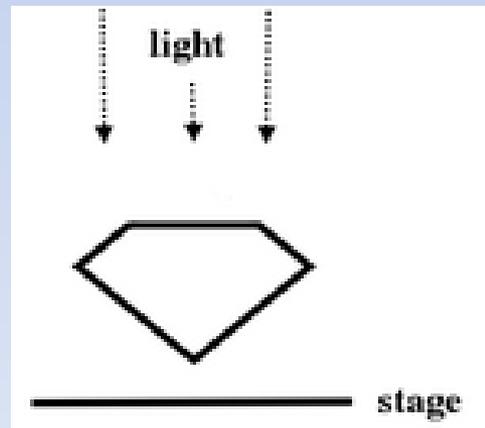
- **Iluminação horizontal**

- Pode ser utilizada uma lanterna para a iluminação a luz horizontal e direcionada direto na gema. Isso faz com que as bolhas de gás e pequenas inclusões destaquem brilhantemente.

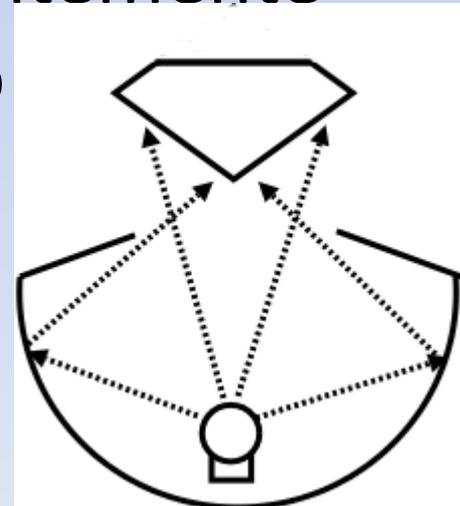


- Uma luz de fibra óptica pode também ser utilizado para isto.

- **Iluminação Overhead**
- Iluminação direta geralmente envolve iluminação fluorescente e é usado para inspecionar as características externas de pedras preciosas, como marcas de polimento, corrosão e outras marcas que são encontradas na superfície das pedras preciosas.

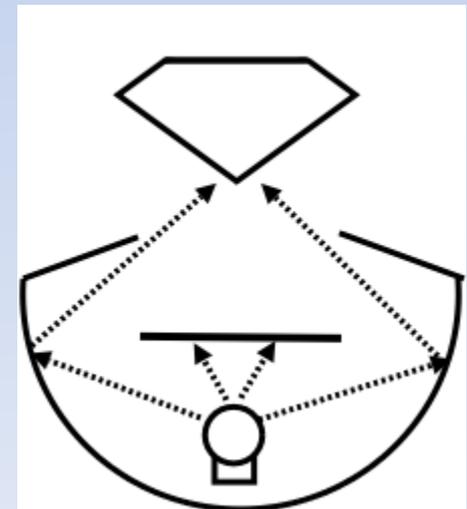


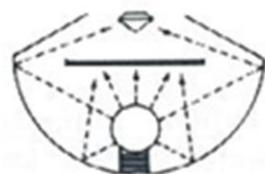
- **Iluminação do campo de luz**
- Com a luz que entra diretamente abaixo, os baixos inclusões de socorro e estrias curvas são vistos como objetos escuros contra um fundo brilhante. Isso se frequentemente usado com extrema iluminação



- **Iluminação de campo escuro**
- Iluminação de campo escuro é provavelmente o tipo mais usado de iluminação em gemologia.

Uma placa escura cobre a iluminação de luz brilhante, fazendo com que a luz seja refletida antes de atingir a pedra. Inclusões vão se destacar brilhante contra um fundo preto quando se usa esta técnica

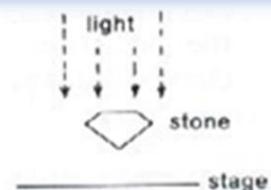




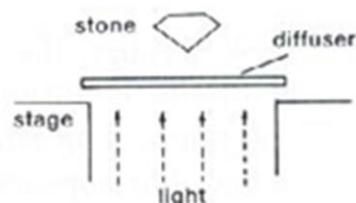
a) Campo escuro



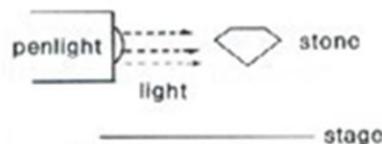
b) Campo claro



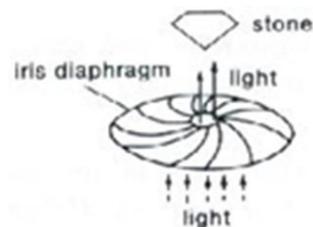
c) vertical



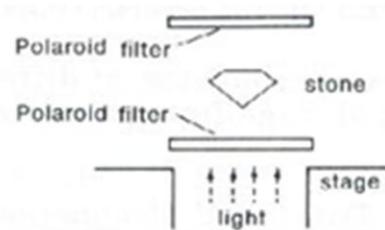
d) Difusa



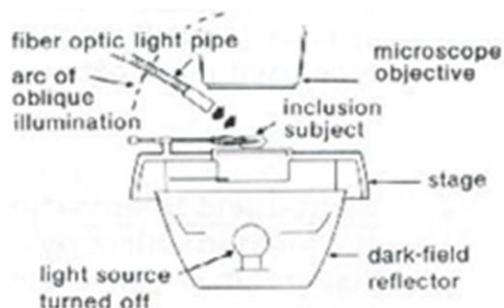
e) Horizontal



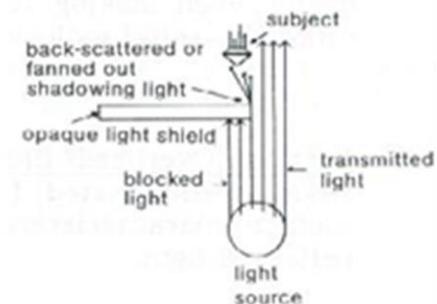
f) Feixe de luz



g) Polarizada



h) Obliqua



i) Sombreamento

Tipos de Iluminação

(Gia Gem Identificação Laboratory Manual, 1984)



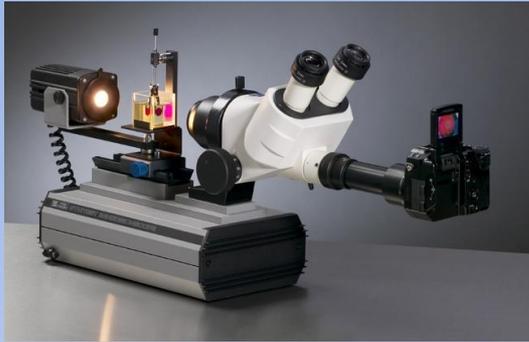
- ***Condensador de Campo Oscuro*** Entre suas múltiplas aplicações cabe destacar seu uso no campo da ***Gemologia***;
- O condensador produz uma iluminação lateral do objeto que se aprecia, deixando-o iluminado e brilhante contrastando fortemente com o resto do campo do microscópio que aparece escuro.



Agulhas de rutilo em um quartzo rutilado observado entre polarizadores cruzados.



Inclusão de quartzo em quartzo, observada entre polarizadores cruzados devido à diferente orientação em função do hospedeiro



MICROSCÓPIO DE IMERSÃO

- Microscópio estereoscópico de imersão para aplicações gemológicas;
- Base horizontal para o exame de gemas em líquidos de imersão de índice de refração correspondente;
- Conta com arranjo horizontal da célula de imersão, iluminador e sistema óptico para microscopia confortável, sem reflexos de superfície e de rotação livre da amostra;
- Estereoscópico binocular ótico para a ampliação de tarefas;
- Trinocular para fotos digitais ou de vídeo-microscopia, e adaptadores para a maioria das câmeras digitais.

- O microscópio de eixo ótico horizontal possibilita uma maior variedade de movimentos da amostra durante a observação;
- Devido à reflexão total da luz na superfície da gema quando observada no ar, consequência da grande diferença de índice de refração entre os dois meios, torna-se necessária a imersão da gema em cubas contendo líquidos com índice de refração próximo ao da gema, possibilitando a penetração da luz através da amostra.

Componentes:

Sistema de posicionamento do espécimen:

1. Cuba
2. pinça

Sistema de iluminação:

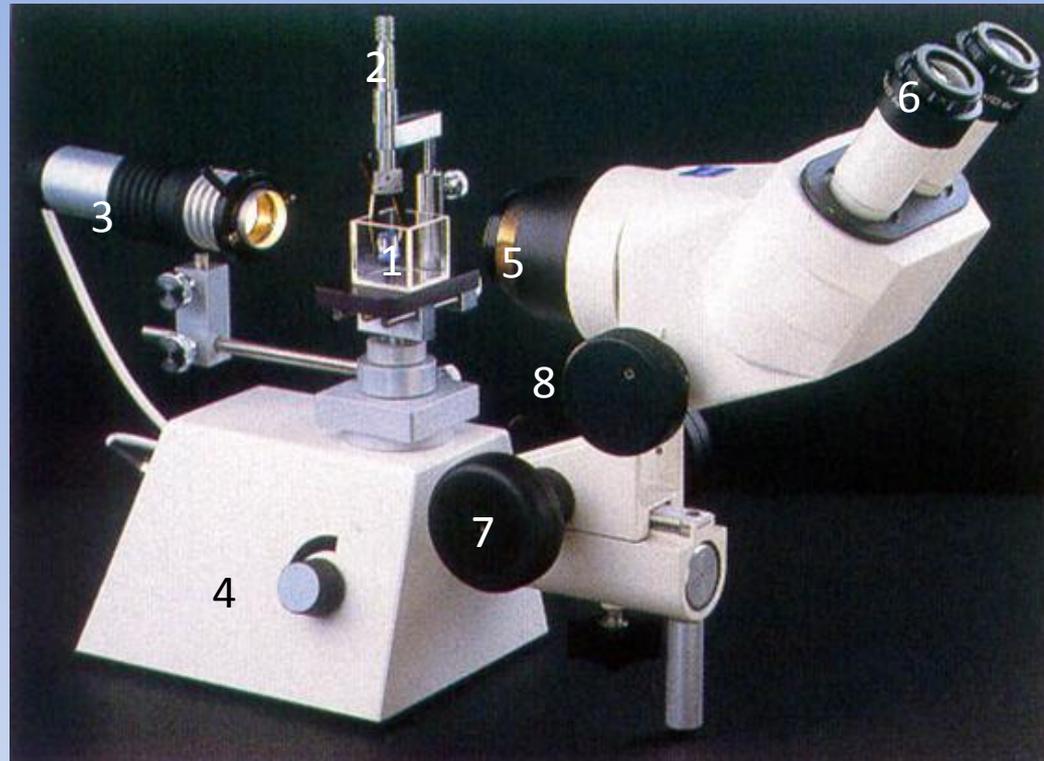
3. Lâmpada com filtros
4. Botão para regular a intensidade da luz

Sistema óptico:

5. Objetiva
6. Oculares

Sistemas de ajustes das distâncias das lentes:

7. Parafuso micrométrico
8. Parafuso macrométrico



Confortável para rotação e posicionamento da amostra. Montado numa “bola magnética” no poste vertical.



Iluminação



A fonte de luz é de alta intensidade de 12 volts / 20 Watt. Lâmpada de halogênio para iluminação potente. Diafragma de Iris para ajustar a intensidade de luz e focagem.



- Em vários microscópios gemológicos modernos o tubo do canhão, isto é, o eixo do microscópio, é orientado horizontalmente e o iluminador é girado radialmente;
- Este arranjo facilita o exame das gemas colocadas dentro de uma cuba com o líquido de imersão e permite examiná-la de todos os lados e na sua profundidade completa.

Métodos

- O exame de uma gema no ar torna-se difícil ou mesmo impossível, por causa da reflexão total interna da luz que impede visualizar o seu interior. Grande parte dela fica escura, isto é, quanto maior o índice de refração da gema maior a reflexão total interna;
- Além disso, uma parte da luz é refletida pela suas facetas, impedindo, assim, a entrada suficiente de luz;
- Essa dificuldade pode ser superada usando um líquido de imersão que tenha, aproximadamente, o mesmo índice de refração da gema a ser examinada, eliminando, dessa forma, as reflexões das facetas e possibilitando a penetração da luz através da gema e o exame total do seu interior.

- No trabalho prático de identificação de gemas, no laboratório gemológico, é necessário o uso de dois líquidos diferentes, um deles para as gemas de índice de refração mais baixo (1.450- 1.650), como por exemplo: a esmeralda e outro para gemas com índice de refração mais altos (1.650-1.800) como por exemplo: o coríndon.

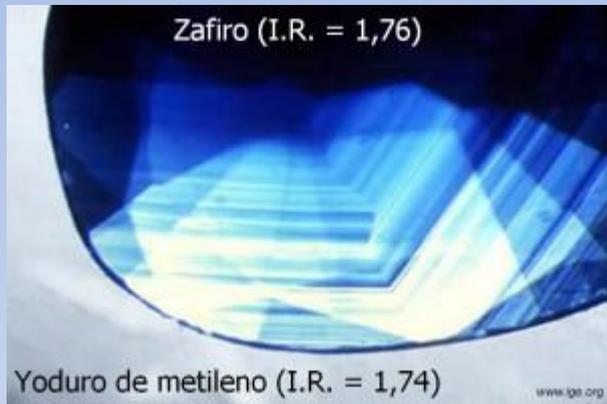
- São usados, normalmente os seguintes líquidos:

ácido benzóico benzylester, $C_6H_5 CO_2 CH_2 C_6 H_5$

$$n = 1.568,$$

Iodeto de metileno, $CH_2 I_2$

$$n = 1.742.$$



- O ideal é que os índices de refração do líquido e da gema sejam iguais, para que não exista nem reflexão nem refração.
- O principal inconveniente desse método de imersão é o manejo dos líquidos. Alguns deles têm odores desagradáveis e podem ser tóxicos.
- Sempre tem que se ter o cuidado de limpar a gema e a cuba, além de não ser possível examinar gemas montadas, em um grande número de casos.

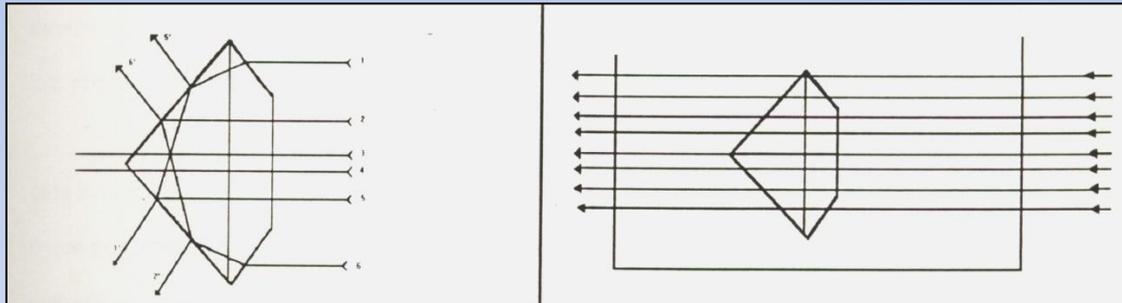
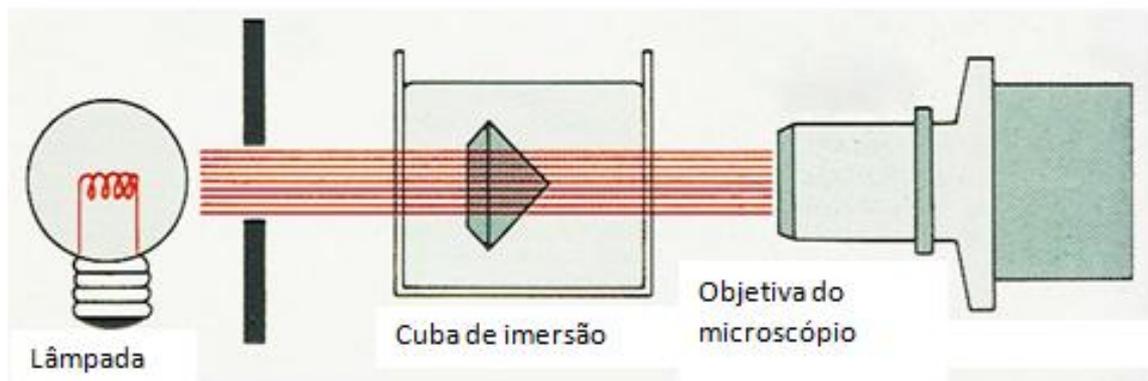


Figura 01A – Gema examinada no ar. Devido à reflexão total, a luz não pode atravessar a gema, ficando a maior parte da amostra escura.

Figura 01B – Gemas examinada em líquido de imersão com índice de refração próximo ao da gema. A luz passa e através da gema sem sofrer refração, ficando homoganeamente iluminada (modificação de Schwarz 1987).



- O tipo de iluminação mais usada ao se trabalhar com o líquido de imersão é o método de "campo claro", no qual a luz é transmitida através do objeto para a objetiva do microscópio, ficando atrás da cuba.
- A quantidade de luz aplicada pode ser regulada pelo diafragma ou por uma placa translúcida colocada no caminho da luz, permitindo uma iluminação mais suave e difusa, facilitando a observação de fenômenos óticos como o zoneamento de cor.
- Além desses recursos, é comum a utilização de placas de polaróide colocadas no caminho da luz transmitida, produzindo a luz polarizada.
- Pode-se, também, introduzir uma segunda placa de polaróide entre a cuba e a objetiva, com a finalidade de constituir um analisador, que permite a observação dos efeitos observados no polariscópio (Schwarz 1987).

Tipos de iluminação*

- Existem várias maneiras de se iluminar uma gema para ser examinada, dependendo das propriedades ópticas da gema e dos respectivos tipos de inclusão.

Iluminação de campo claro

- A luz é transmitida através do objeto para a objetiva do microscópio.
- O iluminador está atrás da cuba e a quantidade de luz pode ser regulada pelo diafragma.
- A gema fica totalmente iluminada e as inclusões apresentam-se escuras dando contraste com fundo claro.
- **Ao se trabalhar com o líquido de imersão, o método de iluminação de campo claro é o mais usado.**

Iluminação difusa

- A colocação de uma placa translúcida no caminho da luz transmitida resulta em uma iluminação mais suave e difusa que facilita a observação do zoneamento de cor.

Iluminação polarizada

- Uma placa de polaróide (polarizador) colocada no caminho da luz transmitida produz luz polarizada que realça o contraste de certos fenômenos de crescimento.
- Uma segunda placa de polaróide analisador colocada entre a gema e a ocular permite a observação dos efeitos observados, normalmente, no polariscópio.

Iluminação de campo escuro

- A luz é dirigida ao objeto lateralmente, não existindo caminho direto entre a fonte de iluminação e a objetiva.
- Este método indireto de iluminação lateral contra o fundo escuro não refletor fornece um contraste mais nítido. As inclusões tornam-se auto-iluminadas resultando um padrão claro no fundo escuro da gema.

Iluminação por luz refletida

- Este método torna-se importante para a observação de inclusões opacas que emite reflexos metálicos. A fonte de iluminação fica ao lado da objetiva formando com ela de cerca de 45° .
- Somente a luz refletida pelas inclusões entra na objetiva. Para aumentar o contraste, uma chapa escura não refletora e colocada atrás da cuba.

Iluminação pela técnica de “sombreamento”

- A gema é diretamente iluminada por trás e uma chapa opaca é colocada, parcialmente, no caminho da luz, produzindo luz espalhada ou dispersa pelo canto da chapa.
- Este tipo de iluminação aumenta bastante a impressão tridimensional das inclusões e facilita a observação de fenômenos de crescimento.

Posição1:

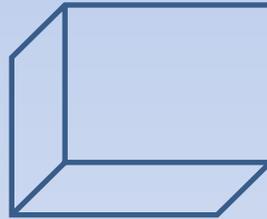
- iluminador colocado atrás da cuba de vidro;

(canhão e iluminador formando uma linha reta);

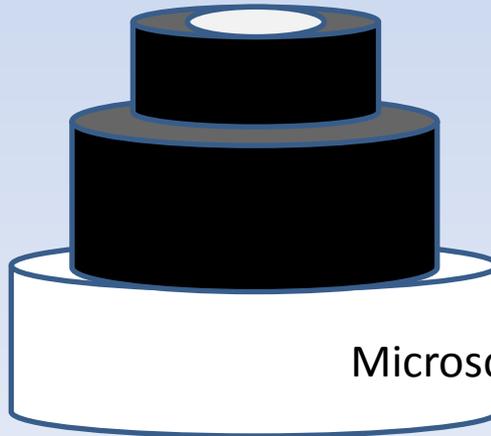
- iluminação de campo claro, isto é, iluminação difusa, “iluminação ponta de alfinete”, ou iluminação polarizada, dependente do acessório aplicado (vidro fosco, filtro polaroide, etc.).



Fonte de Luz



Cuba



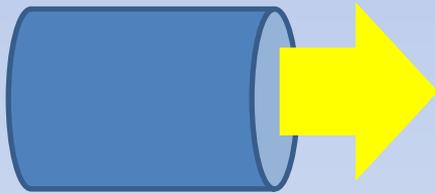
Microscópio

- Outros métodos de iluminação para o exame das inclusões com líquido de imersão e microscópio de eixo horizontal são utilizados, porém, com menos frequência.
- É o caso da iluminação de campo escuro, no qual a luz é dirigida ao objeto lateralmente contra um fundo escuro não refletor, e a iluminação pela técnica de "sombreado", quando a gema é diretamente iluminada por trás e uma chapa opaca é colocada, parcialmente, no caminho da luz, produzindo luz espalhada ou dispersa pelo canto da chapa.

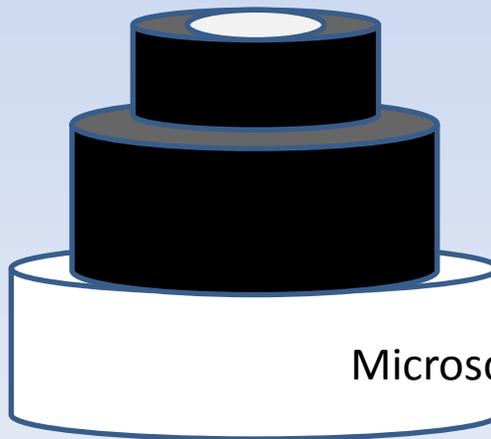
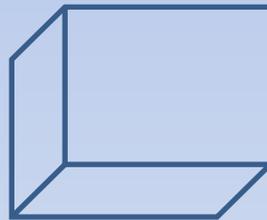
Posição2:

- Iluminador colocado lateralmente (formando um ângulo de 90° com o canhão).
- essa posição do iluminador resulta em uma iluminação dando as condições do campo escuro.

Fonte de Luz



Cuba

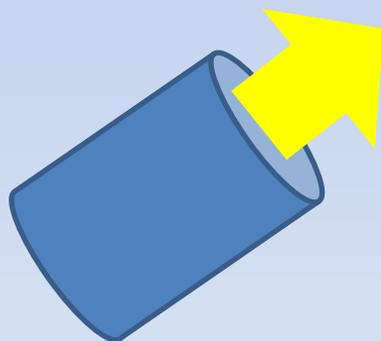


Microscópio

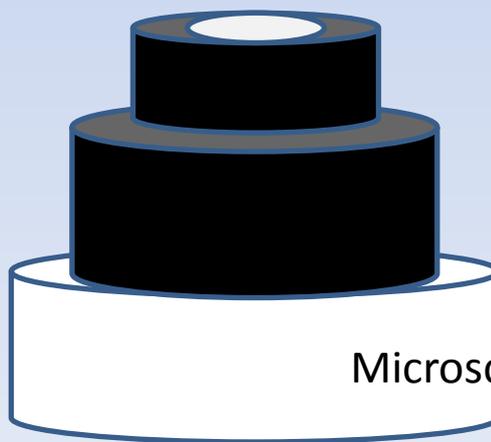
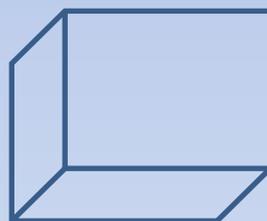
Posição3:

- O microscópio gemológico de eixo ótico horizontal permite observar a gema com iluminação por luz refletida oblíqua, importante para o estudo de inclusões opacas. É necessário mudar a posição do iluminador (fonte de luz), para que a luz fique ao lado da objetiva, formando um ângulo de cerca de 45° graus com o eixo ótico do aparelho.

Fonte de Luz



Cuba



Microscópio

- O iluminador e a ocular (tubo do canhão) formam um ângulo cerca de 45° . Somente a luz refletida pelas inclusões entram na objetiva.
- Essa posição é aplicada, principalmente, para observação de inclusões opacas que dão reflexo metálico. Exemplo uma inclusão de pirita numa esmeralda colombiana.

Além desses recursos, é comum a utilização de placas de polaróides colocadas no caminho da luz transmitida, produzindo luz polarizada. Pode-se, também, introduzir uma segunda placa de polaróide entre a cuba e a objetiva, compondo um analisador, com os mesmos efeitos do polariscópio (Schwarz, 1987, *in* Castañeda, 1995).

- O **microscópio gemológico de eixo óptico horizontal** permite observar a gema pelo processo de luz refletida oblíqua, importante para o estudo de inclusões opacas.
- É necessário mudar a posição do iluminador (fonte de luz), para que a luz fique ao lado da objetiva, formando um ângulo de cerca de 45° com o eixo óptico do aparelho.

Cuidados com o microscópio

O microscópio é um aparelho com o qual deve-se tomar todo o cuidado. É importante seguir sempre as instruções para seu uso.

Alguns cuidados especiais devem ser adotados:

- Transportá-lo sempre com ambas as mãos, apoiando numa delas a base do microscópio e segurando o braço do aparelho com a outra.
- Quando colocá-lo sobre a mesa, mantê-lo à alguma distância da borda. Se houver alguma lâmpada ligada ao instrumento, tomar cuidado com os fios. É sempre aconselhável manter a mesa livre de tudo que não seja absolutamente necessário.
- Evitar molhar o microscópio ao usar preparações temporárias, feitas com água.
- As lentes do microscópio custam quase tanto como todas as outras partes juntas. É importante limpá-las sempre com papel apropriado (e não com qualquer lenço de papel), tal como os que se usa para limpar lentes de contato, que não arranhe as lentes. Água, álcool ou uma mistura de partes iguais de éter com clorofórmio podem ser úteis para a limpeza das lentes.
- Após apagar a lâmpada do microscópio é preciso esperar que ele esfrie para então guardá-lo.
- Quando for guardar o microscópio na caixa, é importante encaixar a objetiva de menor aumento, cobri-lo com capa de algodão, linho ou nylon, para depois guardá-lo.
- Quando usar óleo de cedro nas lentes de imersão, não esqueça de limpá-las após o uso.

- Após a investigação descritiva da amostra (mapeamento das inclusões), escolhe-se o melhor método para a possível análise físico-química.
- A análise físico-química das inclusões pode ser feita utilizando-se métodos **destrutivos** (onde não se preserva a integridade da amostra e podem ser feitos uma única vez) e métodos **não destrutivos** (que preservam a integridade da amostra e possibilitam a repetição do mesmo).

O estudo de inclusões é desenvolvido desde 1858, quando Sorby utilizou este tipo de análise em trabalhos de petrografia. Entretanto o interesse pela descrição, identificação e classificação de inclusões tornou-se maior em épocas mais recentes, estimulado inicialmente pela necessidade do conhecimento da composição de fluidos formadores de minério e depósitos minerais. Porém o pioneiro no estudo de inclusões no campo de identificação e determinação de gemas foi Edward J. Gubelin em 1948, em uma tentativa de classificação de inclusões baseada no aspecto genético.

As inclusões nas gemas são estudadas tanto sob o ponto de vista genético, pois elas retratam parte da história da gema, como, também, o descritivo por ser usado como critério de distinção entre amostras de um mesmo tipo de gema para definir a sua procedência: se natural ou sintética. No primeiro caso pode-se identificar o local de origem da gema. No segundo caso é possível identificar o processo de fabricação e, às vezes, até o fabricante.

A sistematização do estudo de inclusões em geral, tanto do ponto de vista da caracterização descritiva como o genético, tenta relacionar não somente uma característica singular de uma determinada ocorrência, mas viabilizar um conjunto de características que servirão de diagnóstico para se chegar à procedência e/ou ao processo físico-químico de formação do material. São também obtidas condições físico-químicas existentes durante a cristalização da gema ou mineral, permitindo desta forma, chegar a conclusões acerca de sua evolução genética, além de investigar e reconhecer os processos de fabricação de gema sintética ou mesmo de algum tipo de tratamento de tratamento a que tenha sido submetida.