

**Antonio Liccardo**

**Técnicas de análise  
mineralógica / gemológica**

Área de Mineralogia-Gemologia  
UFOP

# Programação

- Objetivos da gemologia
- Propriedades mineralógicas
- Análise materiais em bruto
- Análises material lapidado ou polido
- Equipamentos e rotinas
- Bibliografia recomendada

- **A gemologia**

**Gemologia** compreende vários materiais, em sua maior parte minerais. A compreensão e uso de técnicas de mineralogia física são fundamentais para este ramo da ciência

- Gemologia científica
- Gemologia aplicada

A **mineralogia física** analisa as propriedades mecânicas e ópticas dos minerais proporcionando uma identificação segura na maior parte dos casos, entre os principais minerais encontrados na crosta.

A **mineralogia química** analisa a composição e estrutura molecular das gemas, sendo frequentemente destrutiva e nem sempre acessível

- **Gemologia científica**

- Identificação de substâncias gemológicas
- Compreensão de sua gênese ou processo de fabricação
- Identificar novas tecnologias de tratamento ou síntese
- Gerar os fundamentos da gemologia aplicada

- **Gemologia aplicada**

- Identificação de minerais em estado bruto
- Identificação de minerais e simulantes lapidados
- Identificação de minerais e simulantes lapidados e montados
  - Classificação gemológica comercial
  - Emissão de certificados e laudos judiciais

# • Análise materiais em bruto

- Indivíduos ou lotes
- Possibilidade de testes destrutivos
- Dificuldade de aplicação de alguns testes ópticos



- Dificuldade em estimar o aproveitamento em lapidação
- Dificuldade em estimar a qualidade em caso lotes heterogêneos
- Avaliação por estimativa
- Facilidade de trocas em caso de laudo

# • Análises material lapidado ou polido

- Indivíduos ou lotes
- Impossibilidade de testes destrutivos
- Facilidade de análise óptica



- Análise individual na maior parte dos casos
- Análises preliminares para identificação de material estranho ao lote (UV, polariscópios maiores)
- Lapidação é um fator importante no resultado

# Propriedades físicas *stricto sensu*

- Hábito
- Dureza
- Tenacidade
- Fratura, clivagem, partição
- Densidade
- Propriedades elétricas e magnéticas
- Condutibilidade térmica

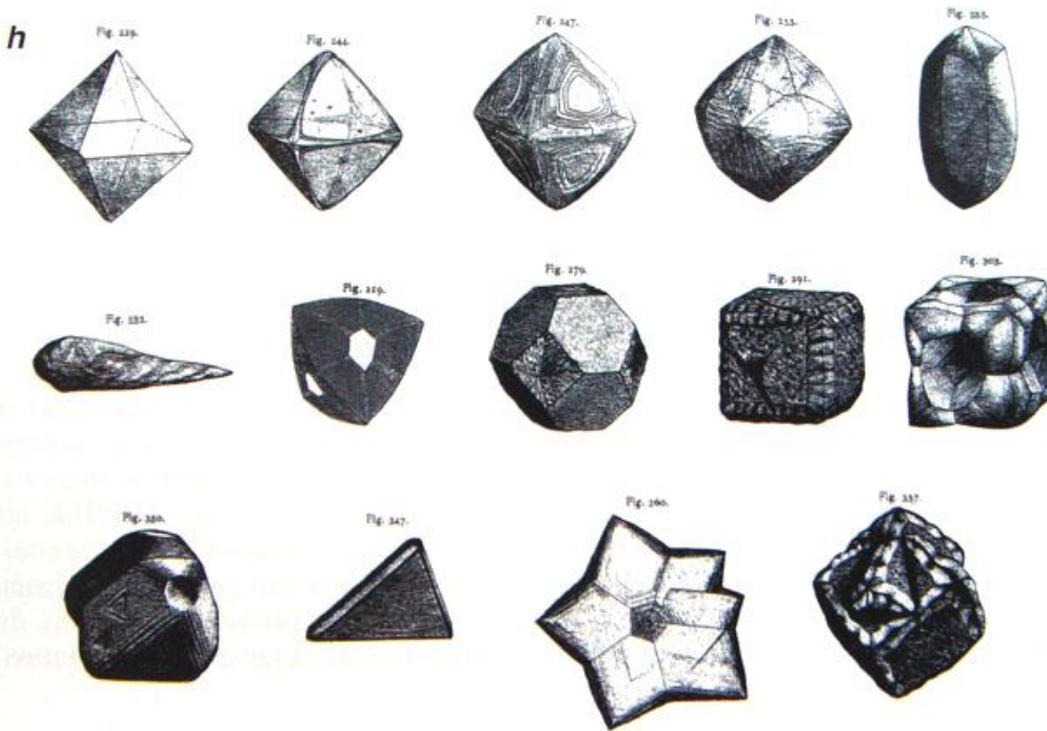
## Hábito

O formato com que o mineral é encontrado pode ser útil na sua identificação e algumas vezes até diagnóstico. Está relacionada ao sistema de cristalização ou ausência de cristalização em materiais amorfos



Nem sempre está presente!

# Hábito



Formas do diamante – Goldschmidt 1920  
e outros exemplos de hábitos em minerais

Hábito	Minerais
cúbico (todo quadrado)	pirita, galena 
octaédrico (balãozinho)	diamante, fluorita, magnetita 
romboédrico (quadrado torto)	calcita 
prismático (comprido)	quartzo, turmalina, berilo, topázio, epidoto 
tabular (achatado)	mica, hematita, albita, barita 
piramidal (ponta de pirâmide)	zircão, coríndon (rubí e safira), anatásio 

## Dureza

Resistência ao risco.

**Capacidade de um mineral riscar ou ser riscado por outro**

- Propriedade diretamente ligada à estrutura do cristal
- Reflete-se na qualidade da lapidação e no brilho resultante do polimento
- Excelente parâmetro para diagnóstico

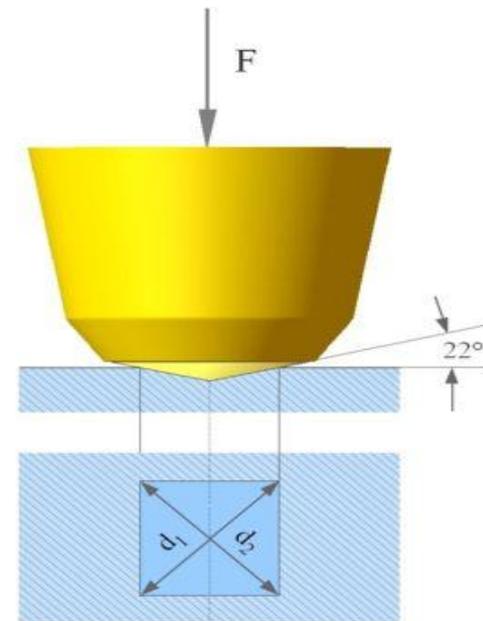


# Dureza - escalas

ESCALA DE MOHS	MINERAL	ESCALA DE ROSIWAŁ
1	Talco	0,03
2	Gipso	1,25
3	Calcita	4,5
4	Fluorita	5,0
5	Apatita	6,5
6	Ortoclásio	37
7	Quartzo	120
8	Topázio	170
9	Coríndon	1.000
10	Diamante	140.000



**Dureza Vickers** é um método de classificação da dureza baseada na **compressão de uma ponta piramidada**. Neste método, é usada uma pirâmide de diamante que é comprimida, com uma força arbitrária "F", contra a superfície do material. Calcula-se a área "A" da superfície impressa pela medição das suas diagonais.

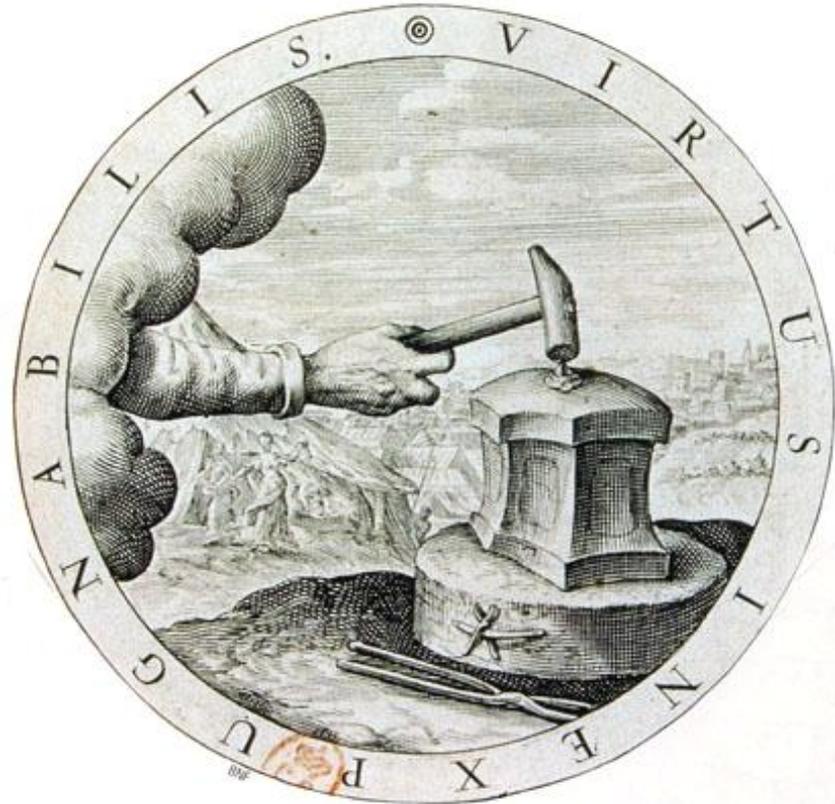


# Tenacidade

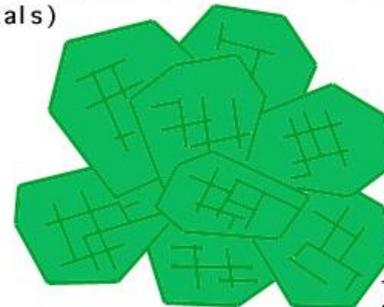
Resistência oferecida a esforços mecânicos ao ser rompido, esmagado ou dobrado.

## Coesão

- Tenaz – ágata e jade
- Quebradiço – enxofre
- Maleável - ouro
- Dúctil - prata
- Séctil - gipsita
- Flexível - molibdenita
- Elástico - micas



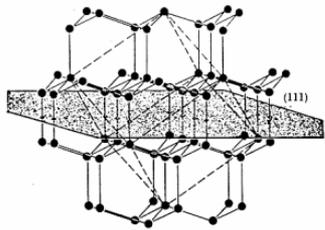
Jade usually has small interlocking crystals with cleavages at 90 degrees (although, the cleavages aren't seen in massive crystals)



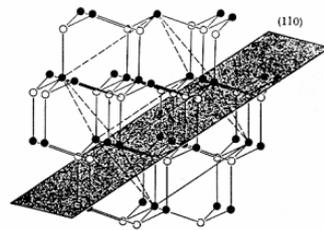
- the green color is due to the presence of Cr<sup>+++</sup>

# Clivagem

Quando um mineral se rompe ao longo de **planos de fraqueza** quando aplicada uma força adequada.



diamante C



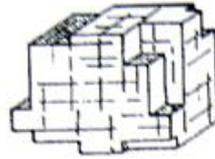
esfalerita ZnS

- Característica intrínseca de alguns minerais
- Ocorre paralelamente aos planos de átomos
- Espaçamento reticular maior ou tipo mais fraco de ligação ou ambos
- Todo plano de clivagem é paralelo a uma face ou possível face do cristal

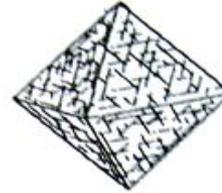


# Clivagem

- Perfeita
- Boa
- Ruim
- Ausente



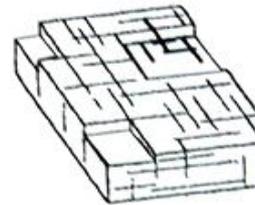
Cúbica



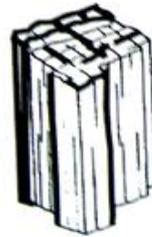
Octaédrica



Dodecaédrica



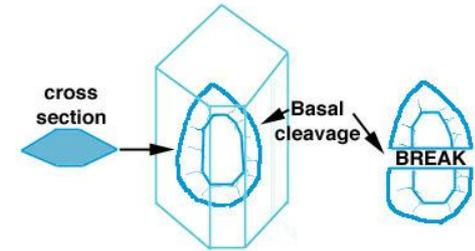
Romboédrica



Prismática



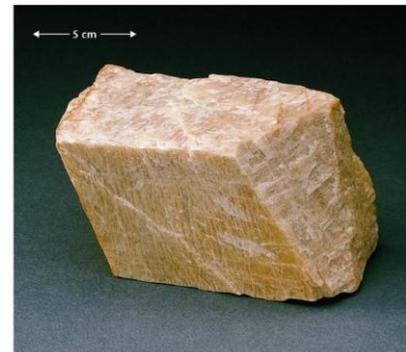
Pinacoidal



**A clivagem tem grande importância na lapidação de gemas. A mesa da lapidação deve ser projetada com alguma angulação em relação ao plano de clivagem.**

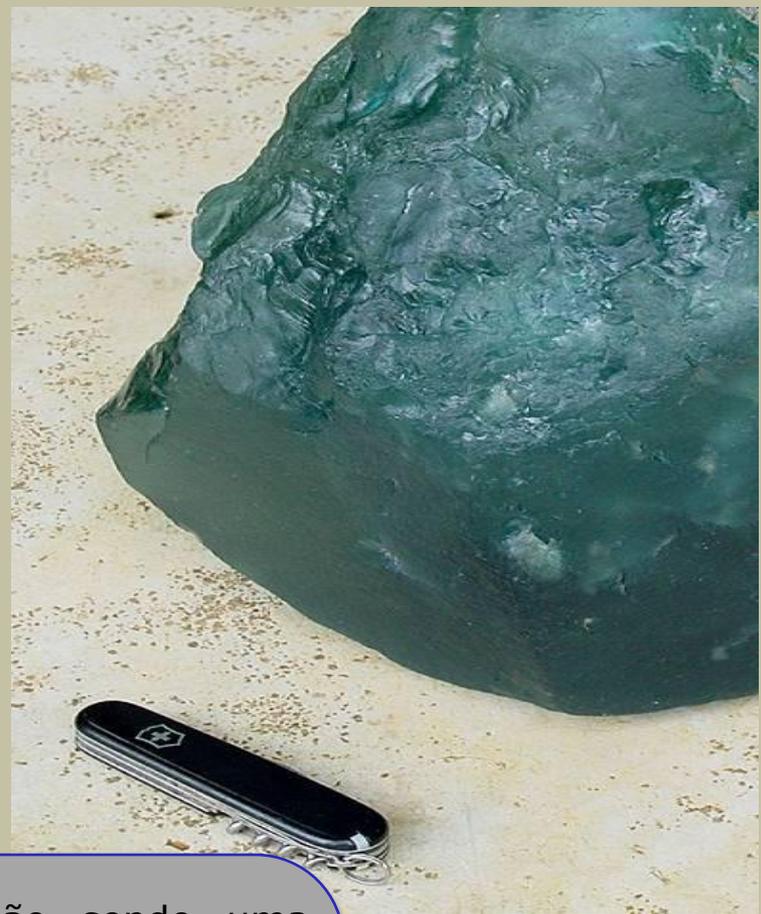


**Clivagem em uma ou mais direções. Ex: feldspato em duas direções (boa e imperfeita) e galena 3 direções.**



# Fratura

é a maneira como o mineral se quebra quando não apresenta planos de clivagem. Vidros e substâncias amorfas apresentam fraturas



**Fratura irregular:** muitos minerais apresentam, não sendo uma propriedade diagnóstica. Ex. turmalina.

**Fratura conchoidal:** consiste em superfícies lisas e côncavas, semelhantes ao interior de uma concha. Ex. quartzo, opala, calcedônia, obsidiana.

**Fratura denteada ou serrilhada:** metais nativos (ouro, prata, cobre).

## Partição



Partição em coríndon de Santa Catarina

Ao contrário da clivagem, não é encontrada em todos os espécimes do mesmo mineral.

Resulta normalmente de planos de geminação e possui número limitado de planos

Exemplos – geminação polissintética em coríndon; partição basal em piroxênio



Macla polissintética em rubi do Camboja

# Densidade

Minerais pesados	Densidade	Minerais leves	Densidade
ouro	19,3	berilo	2,7
hematita	5,3	quartzo	2,6
pirita	5,0	calcita	2,7
galena	7,6	feldspato	2,6
barita	4,5	enxofre	2,1
cassiterita	7,0	halita	2,1
zircão	4,4	ulexita	1,9

cassiterita	6.980-7.020
zircão	4.600-4.700
almandina	4.310-4.320
coríndon	3.980-4.020
espinélio	3.550-4.620
turmalina	3.030-3.150
berilo	2.710-2.720
opala	2.150

$$\text{Densidade} = \frac{\text{Peso no ar}}{\text{Peso no ar} - \text{Peso na água}}$$

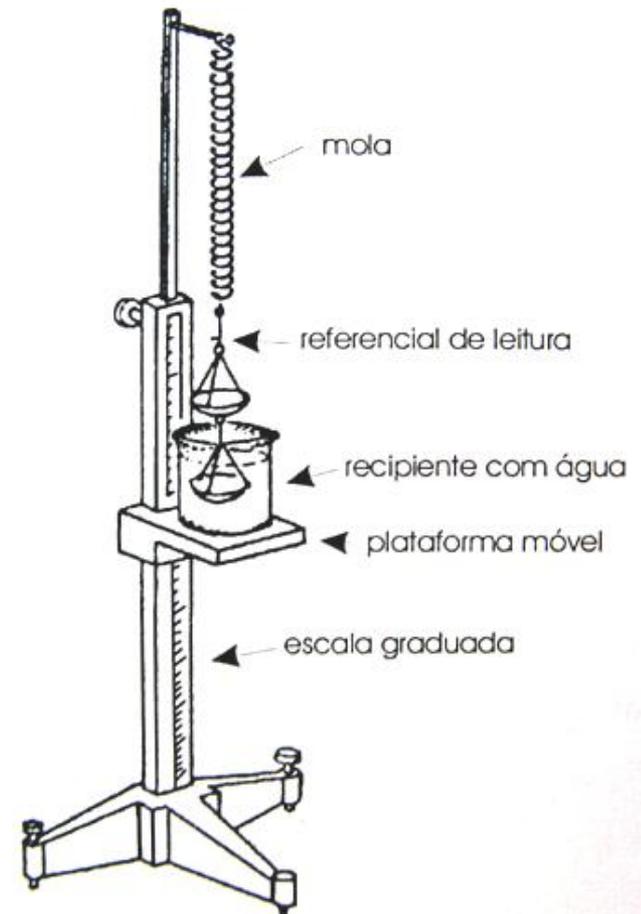


Figura 8 - Balança de Jolly.

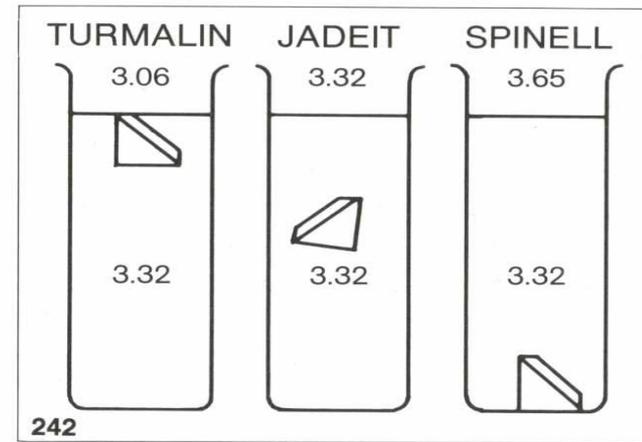
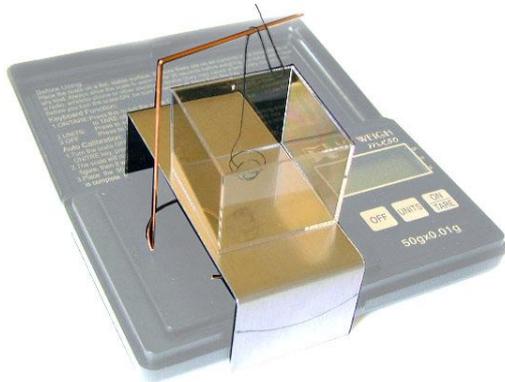
# Densidade

## Métodos de medição da densidade

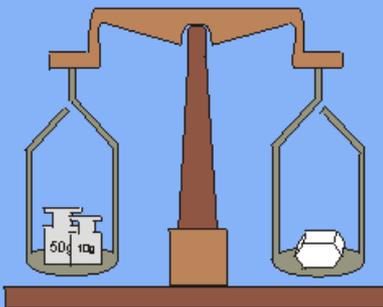
Balança hidrostática  
Líquidos densos  
Leveridge e calibradores

Topázio azul X Água marinha

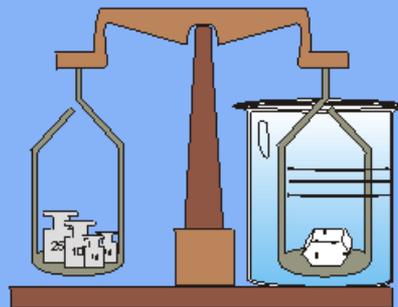
3,30 X 2,72



### Determinación del peso específico con una balanza hidrostática aprovechando la boyancia de un cuerpo en agua



1. Se mide el peso de la muestra mineral en aire  
En este ejemplo la muestra pesa 60g.
2. Se mide la muestra hundiéndola en un vaso de agua.  
En este ejemplo la muestra pesa 37g.
3. La diferencia de peso entre la muestra en aire y la muestra en agua da el volumen de agua reemplazada por la muestra.  
En este ejemplo el volumen de agua reemplazada es  $60g - 37g = 23g \Rightarrow 23cm^3$  (a  $t = 4^\circ C$ ).



4. Se calcula el peso específico como cociente entre el peso de la muestra y su volumen, o es decir:  
$$\frac{\text{peso de la muestra en aire}}{(\text{peso de la muestra en aire} - \text{peso de la muestra en agua})}$$
  
En este ejemplo el peso específico de la muestra es:  
 $60g / (60g - 37g) = 60g / 23g \Rightarrow 2,6 \text{ g/cm}^3$ . La albita por ejemplo tiene un peso específico de este valor.
5. El valor del peso específico determinado con este método es exacto hasta la primera decimal.

A una temperatura  $t = 4^\circ C$  un volumen de  $1cm^3$  de agua pesa 1g. Trabajando a una temperatura ambiental elevada se aplica una corrección para la temperatura.



## Densidades das gemas mais importantes

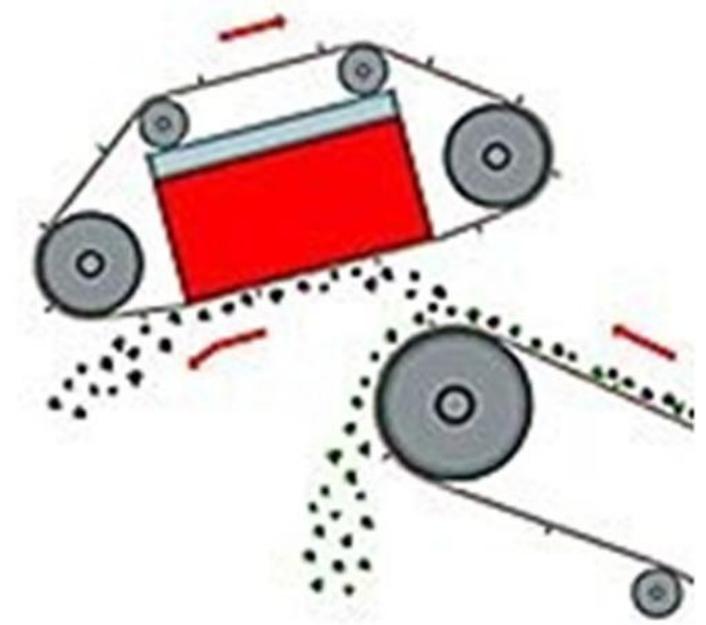
Zircon: . 4.32 - 4.70	Diamond: ... .....3.52	Conch Pearl:... ..2.85
Almandite Garnet: 4.05	Peridot: ... .....3.34	Turquoise:.....2.76
Ruby: .....4.00	Jadeite: ..... .... 3.34	Lapis Lazuli:.....2.75
Sapphire: .....4.00	Zoisite (tanzanite) . .3.35	Beryl Group:..... 2.72
Malachite: .....3.95	Diopside: ..... 3.29	Pearl: .....2.70
Rhodolite Garnet: 3.84	Spodumene: ..... 3.18	Quartz:.....2.66
Pyrope Garnet: ... .3.78	Andalusite: .....3.17	Coral: .....2.65
Chrysoberyl: .....3.73	Tourmaline: ..... 3.06	Iolite: .....2.61
Spinel: .....3.60	Nephrite: .....2.95	Opal: .....2.15

# Magnetismo

- Separação magnética de minerais
- Suscetibilidade magnética como critério de identificação

Table 3.2. *Magnetic susceptibilities of various minerals*

Type	Susceptibility $\times 10^6$ emu Range	Average	Type	Susceptibility $\times 10^6$ emu Range	Average
Graphite		-8	Siderite	100-310	
Quartz		-1	Pyrite	4-420	130
Rock salt		-1	Limonite		220
Anhydrite, Gypsum		-1	Arsenopyrite		240
Calcite	-0.6- -1		Hematite	40-3000	550
Coal		2	Chromite	240-9400	600
Clays		20	Franklinite		36,000
Chalcopyrite		32	Pyrrhotite	$10^2-5 \times 10^5$	125,000
Sphalerite		60	Ilmenite	$2.5 \times 10^4-$	
Cassiterite		90		$3 \times 10^5$	$1.5 \times 10^5$
			Magnetite	$10^5-1.6 \times 10^6$	$5 \times 10^5$



Pyrrhotita  
(FeS)

Magnetita  $Fe_3O_4$

# Condutibilidade térmica

Diamantes podem ser reconhecidos por sua condutibilidade térmica

Material	conductivity	density
	W/m*K	g/cm(3)
Aluminum	247	2.71
Aluminum (6061)	171	2.6-2.9
Aluminum (6063)	193	2.6-2.9
Aluminum (7075-T6)	130	2.6-2.9
Brass (70Cu-30Zn)	115	n/a
Copper	398	8.94
Gold	315	19.32
Magnesium	170	1.74
Magnesium alloy ZK60A	117	1.74-1.87
Silver	428	10.49
Tungsten	178	19.3
Zinc	113	7.13
Diamond	2500	3.51
Graphite	25-470	1.3-1.95
Silicon	141	2.33



## Traço

É a cor do pó do mineral quando riscado numa placa de porcelana.

É útil para identificação de minerais opacos, mas tem pouca aplicação em gemologia



# PROPRIEDADES EXCEPCIONAIS EM MINERAIS

- **ODOR**
  - Ex.: fétido (enxofre nativo)
- **SABOR**
  - Ex: salino (Halita)
- **Reação aos ácidos**
  - Ex: carbonatos (malaquita, rodocrosita, calcita...)
- **Radioatividade**
  - Ex: minerais de urânio e gemas irradiadas



# Propriedades ópticas

- Importância da cristalografia
- Cor e traço
- Brilho
- Diafanidade
- Refração
- Birrefringência
- Pleocroísmo
- Dispersão
- Luminescência

# Cristalografia

Isotrópicos                      cúbico

Anisotrópicos                hexagonal

    trigonal

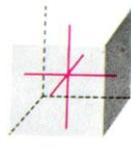
    tetragonal

    ortorrômbico

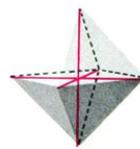
    monoclínico

    triclínico

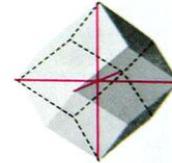
## Sistema Cúbico



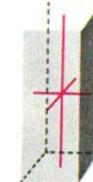
Cubo



Octaedro



Rombododecaedro



Prisma tetragonal e e pinacóide basal

## Sistema Tetragonal



Bipirâmide



Pirâmide com prisma

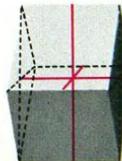
## Sistema Ortorrômbico



Pinacóides



Bipirâmide



Prisma e pinacóide

## Sistema Trigonal



## Sistema Hexagonal



Prisma hexagonal e pinacóide basal

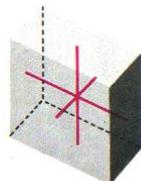


Prisma hexagonal e pinacóide basal



Bipirâmide hexagonal

## Sistema Triclínico



Pinacóides



Pinacóides

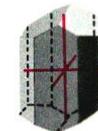


Pinacóides



Pinacóides

## Sistema Monoclínico



Prismas e pinacóides



Prismas e Clinopinacóide

# Cor

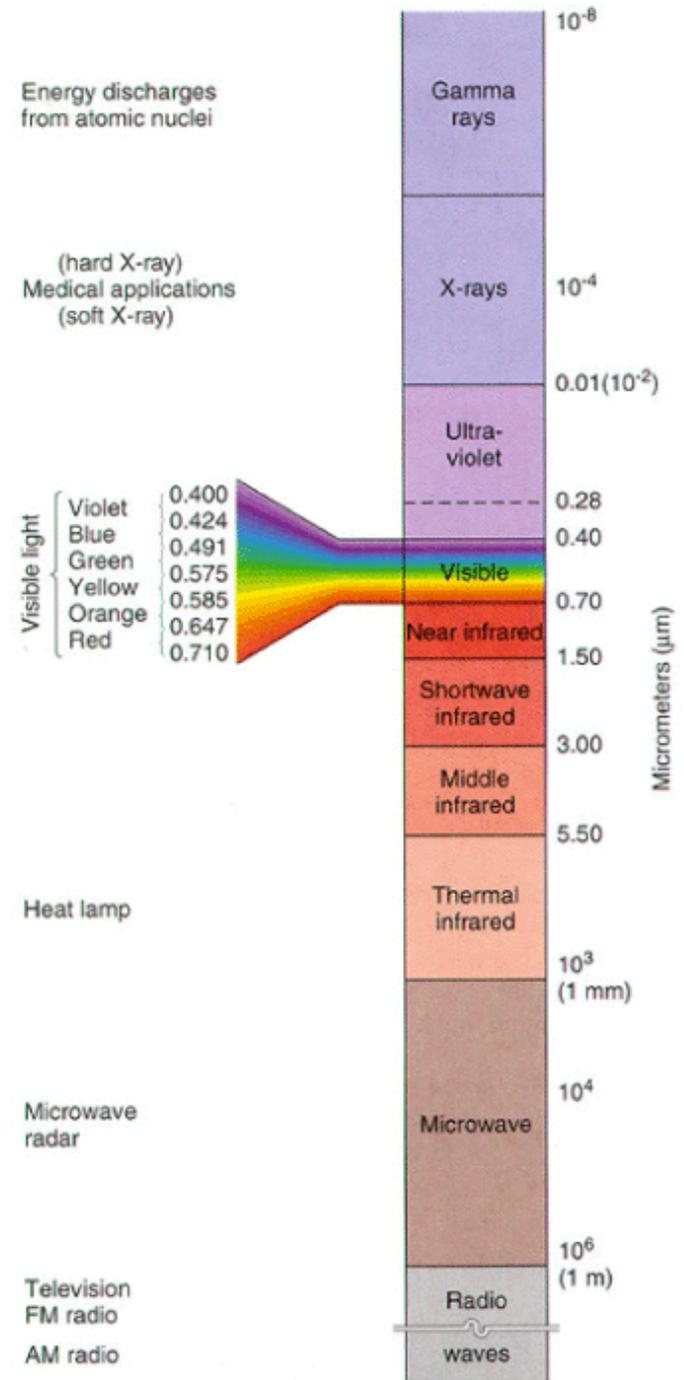
Resulta da absorção seletiva da luz

**Idiocromáticos:** mesma cor

Ex. Malaquita, rodocrosita, azurita...

**Alocromáticos:** cor varia com impurezas que entram na estrutura do mineral

Ex. Coríndon (rubí e safiras), turmalinas (rubelita, verdelita...), berilo (água-marinha, esmeralda)



# Cor - idiocromáticos



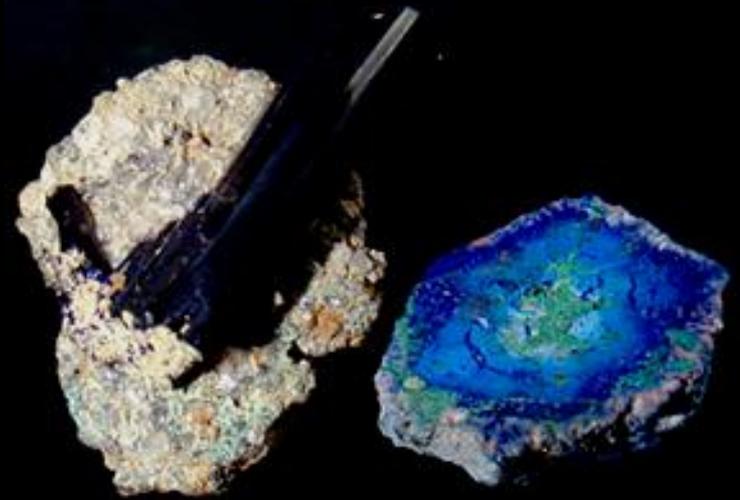
Malaquita



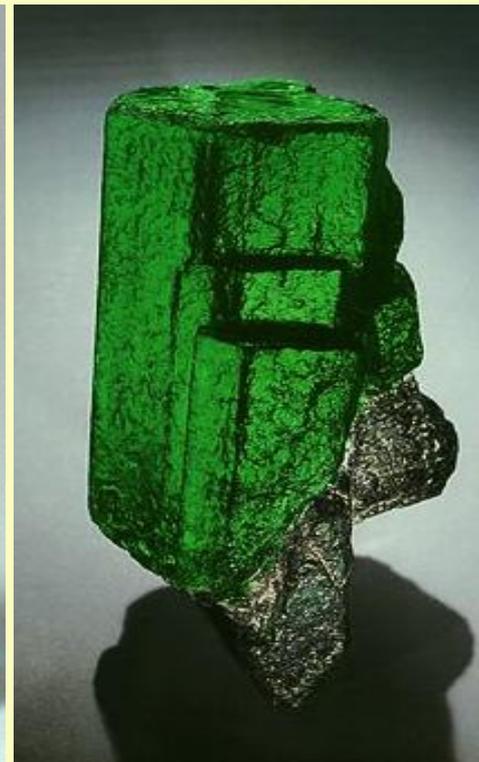
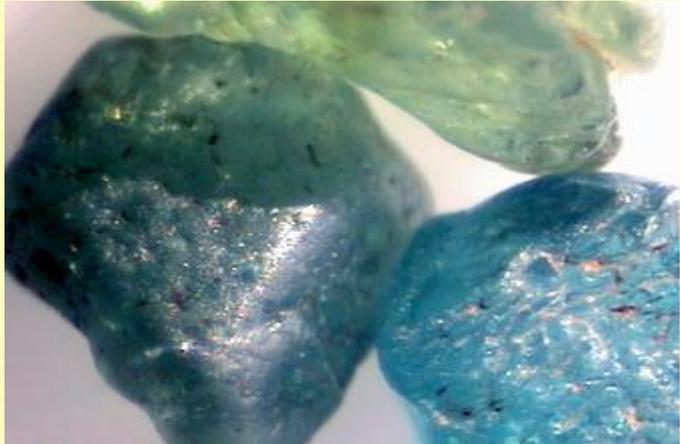
Rodocrosita



Enxofre



Azurita



Água marinha - Fe

Esmeralda - Cr

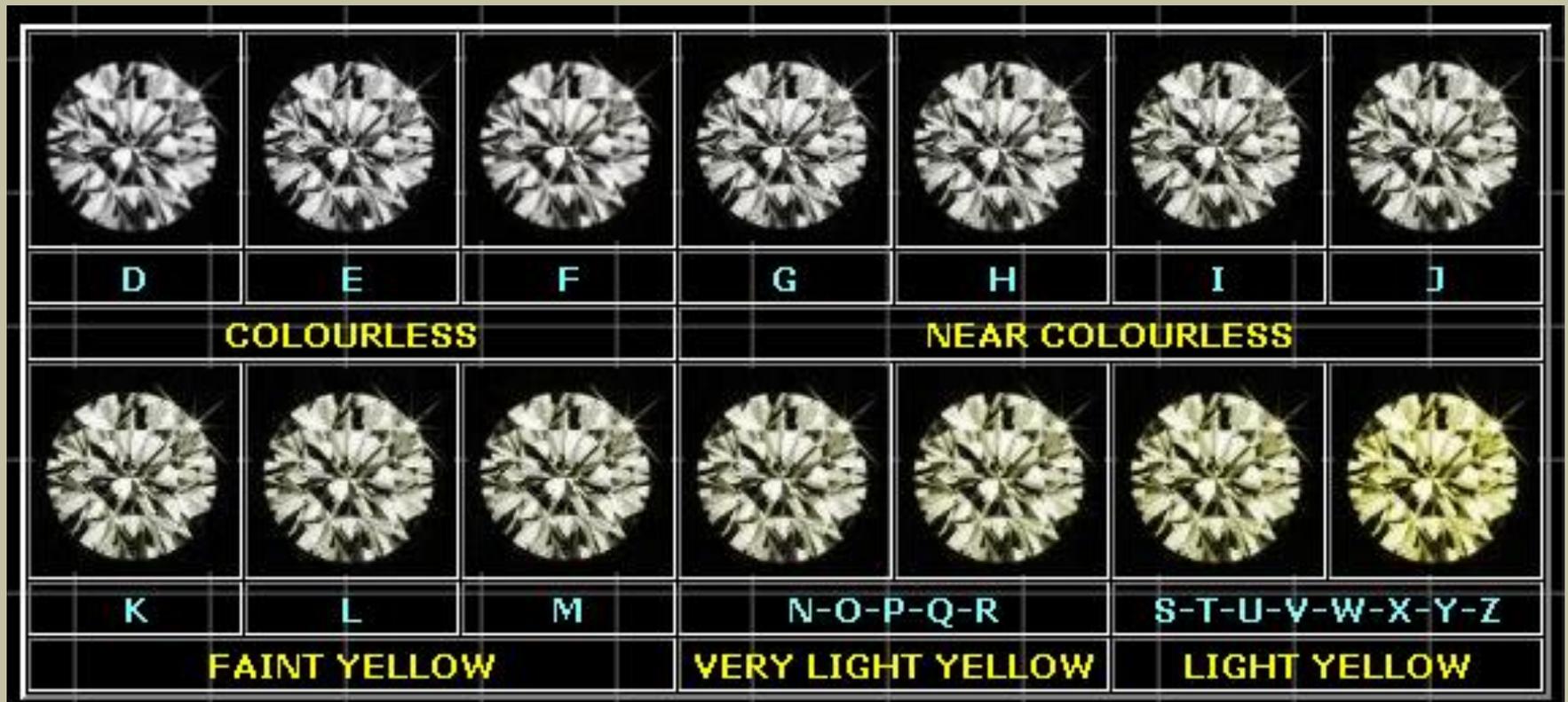
## Cor - alocromáticos

Coríndon

Rubi - Cr

Safira azul - Fe e Ti

## Cor - alocromáticos



Cor e variações do branco em diamante – escala Cape

# Brilho

- É o reflexo da luz natural nas superfícies do mineral.
- Pode ser **metálico** ou **não metálico**.
- O brilho metálico é próprio dos metais como pirita, galena ou ouro
- o brilho **não metálico** pode receber as seguintes denominações:
  - adamantino:** minerais transparentes a translúcidos de alto índice de refração. Ex: diamante, zircão, rutilo.
  - resinoso:** semelhante a certas resinas. enxofre nativo.
  - Gorduroso ou graxo:** halita, nefelina, quartzo leitoso.
  - ceroso:** semelhante a cera de vela. calcedônia, opala.
  - terroso:** Caulinita, talco
  - nacarado:** Ex: talco, gipsita,
  - sedoso:** semelhante a seda. Ex: Asbestos, gipsita fibrosa.
  - vítreo:** Semelhante ao vidro. quartzo, topázio, turmalina.



Brilho metálico - cobre



Talco com brilho resinoso e terroso



Brilho vítreo -  
quartzo



A grande maioria  
das gemas  
apresenta brilho  
vítreo

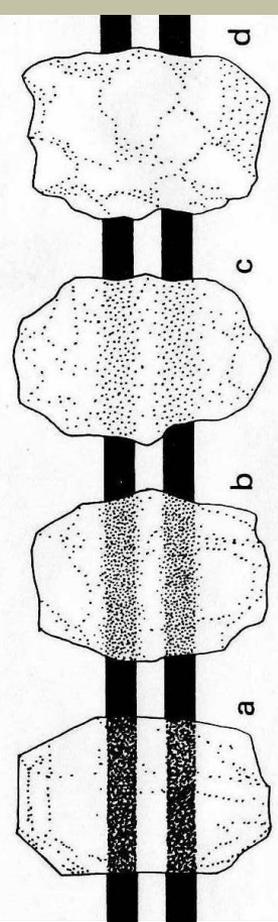
Brilho adamantino - diamante



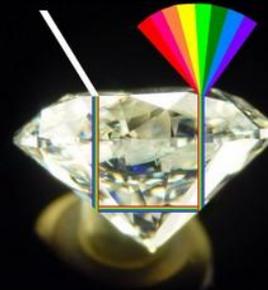
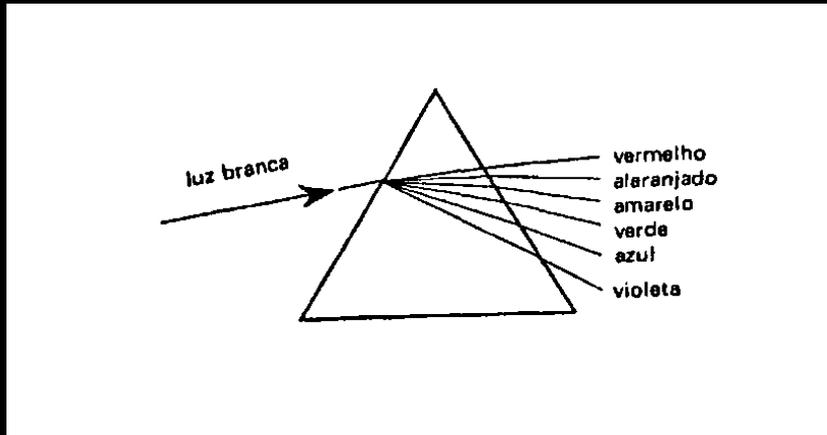
# Diafaneidade

- *Minerais transparentes*: não absorvem ou absorvem pouco a luz. Ex. quartzo
- *Minerais translúcidos*: absorvem a luz consideravelmente e dificultam o reconhecimento de imagens através deles. Ex. calcedônia
- *Minerais opacos*: absorvem toda a luz. Ex: elementos nativos metálicos, óxidos e sulfetos

**Translúcidos e opacos são mais adequados para cabochão**

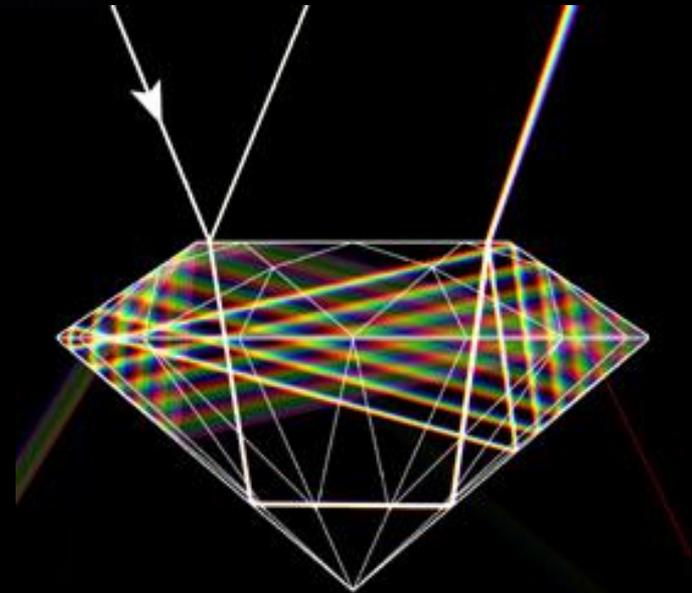


# Dispersão da luz – “fogo”



Dispersão: “ir” vermelho – “ir” violeta

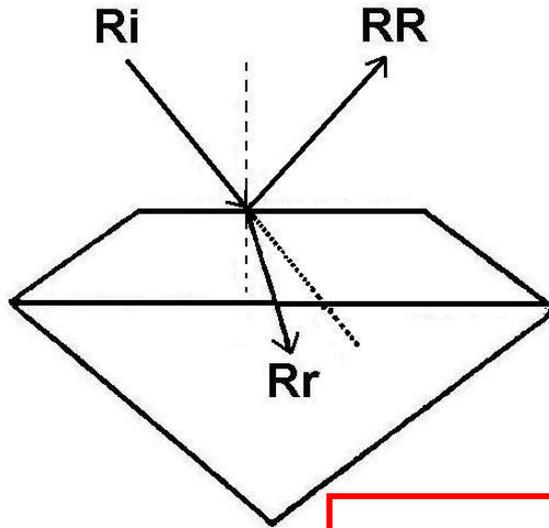
Dispersão do diamante = 0,044



No comércio:

BRILHO forte + DISPERSÃO forte (fogo) = brilhância

# Índice de Refração



**Ri = raio incidente**

**RR = raio refletido**

**Rr = raio refratado**

linha perpendicular ao ponto de incidência da luz

trajetória do raio de luz se não fosse refratado

$$\mathbf{IR = V_{ar}/V_{gema}}$$

Exemplo:

Veloc. luz no ar = 300.000 km/s

Veloc. luz no diamante: 125.000 km/s

$$\text{IR diamante} = 300.000/125.000$$

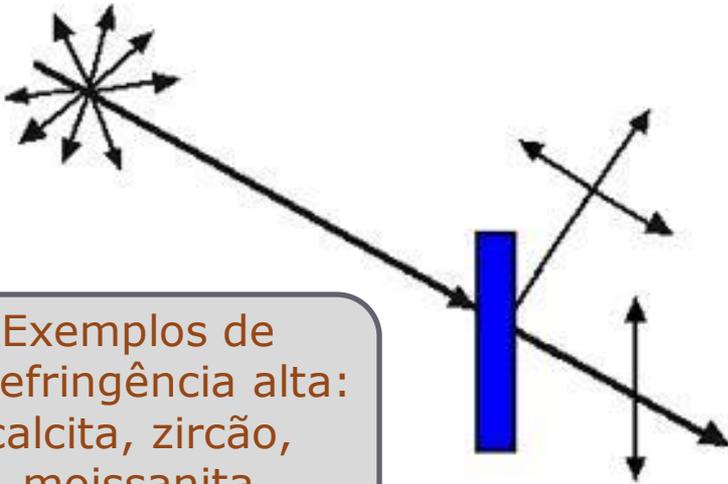
$$\mathbf{IR \text{ diamante} = 2,4}$$

O índice de refração é uma assinatura de cada substância o que é fundamental na identificação de gemas. A compreensão da luz refletida também é importante na lapidação

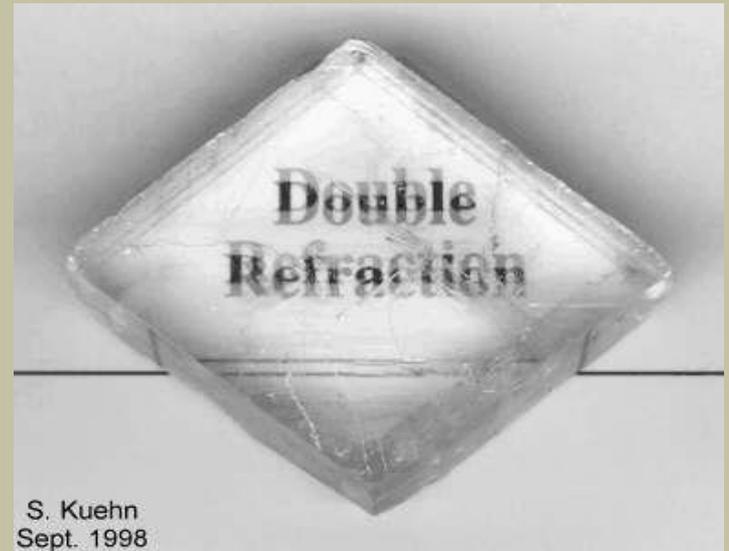
# Birrefringência

Em cristais anisótropos ocorre a dupla refração, onde o raio de luz refratado divide-se em duas componentes em função do comportamento diferente da luz segundo a direção dos eixos

A diferença entre os índices de refração máximo e mínimo destes cristais resulta na birrefringência, cujo valor é um bom indicativo para diagnóstico da gema.



Exemplos de birrefringência alta: calcita, zircão, moissanita



S. Kuehn  
Sept. 1998

# Pleocroísmo

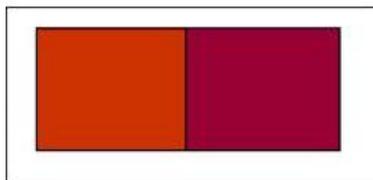
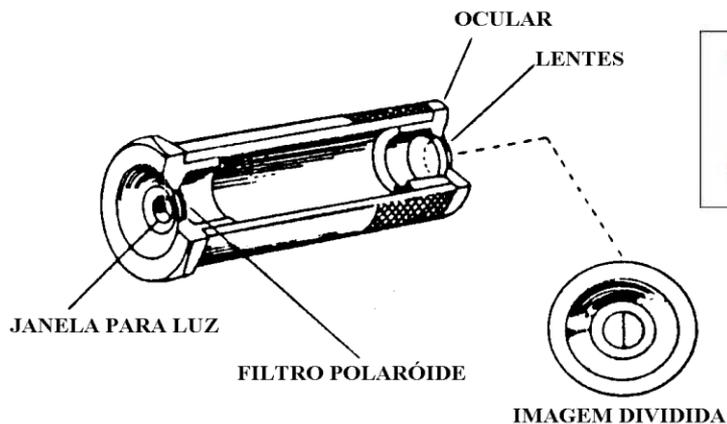


Em gemas coloridas, transparentes e anisótropas pode ser observado o pleocroísmo com um dicróscópio.

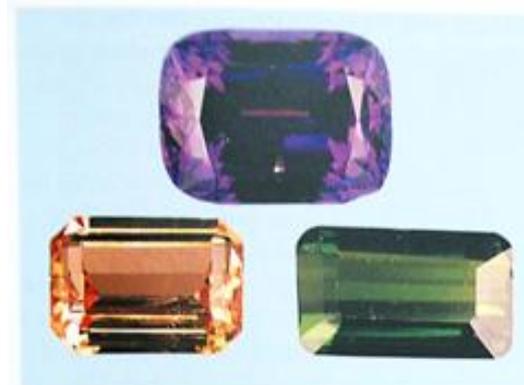
A gema apresenta cores diferentes conforme a direção cristalográfica.

O pleocroísmo pode ser diagnóstico para algumas gemas

Não pode ser observado em agregados cristalinos, gemas isotrópicas, incolores ou amorfas



Dicróscópio



Use of filters to show the pleochroic colours of tanzanite (top), andalusite (left) and tourmaline (right).

LEFT Seen without filter.

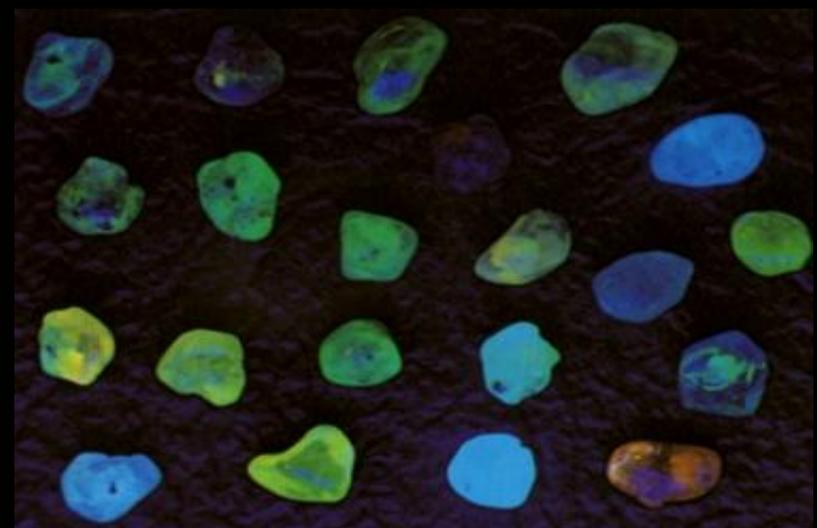
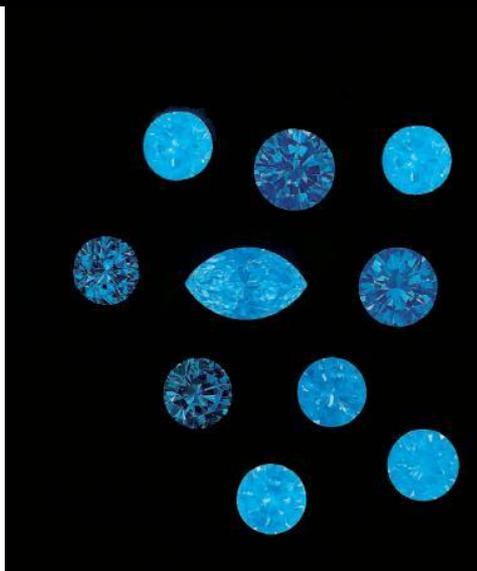
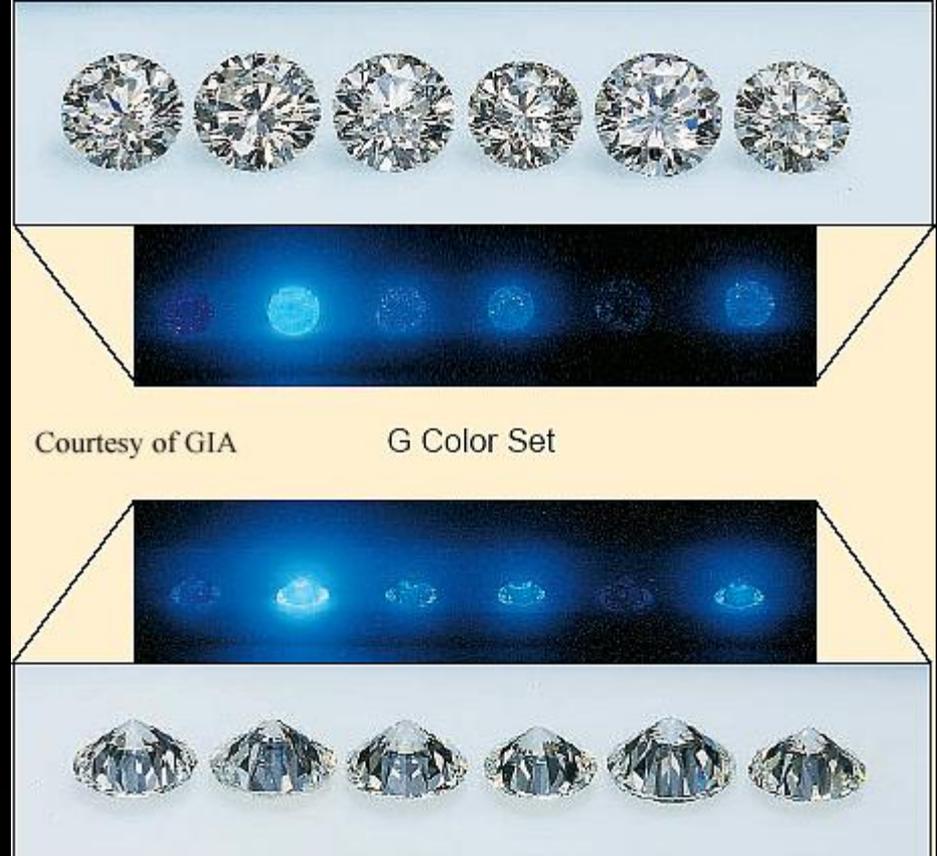


LEFT With polarizing filter.



LEFT With polarizing filter at 90° to that above.

# Fluorescência ao UV



# Fluorescência



Identificação de imitações de diamantes em jóias antigas ou em lotes

## • Equipamentos comuns

- Pinças e lupa
- Polariscópio
- Dicroscópio
- Refratômetro
- Balança hidrostática
- Microscópio
- Lâmpada UV – SW e LW
- Paquímetro, Leveridge e calibradores
- Balança
- Câmera fotográfica, captador de imagem
- Microscópio USB
- Tabelas de cores e pedras mestras

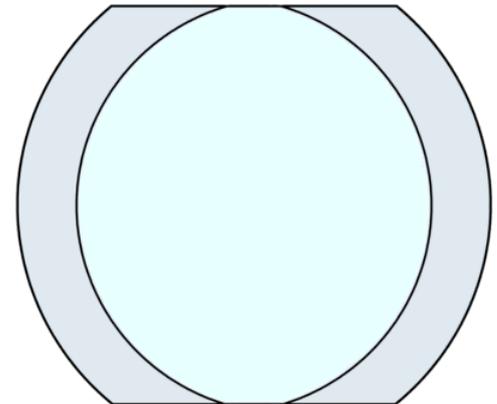
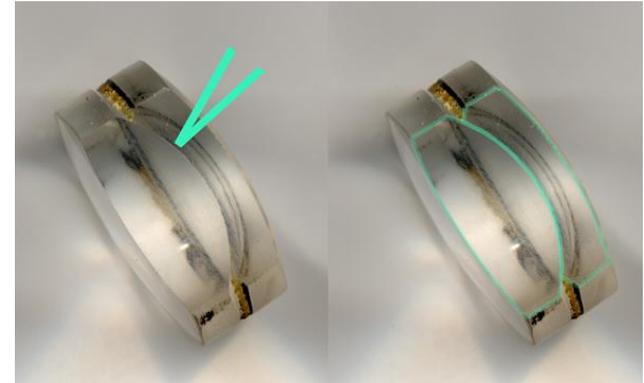
# Equipamento



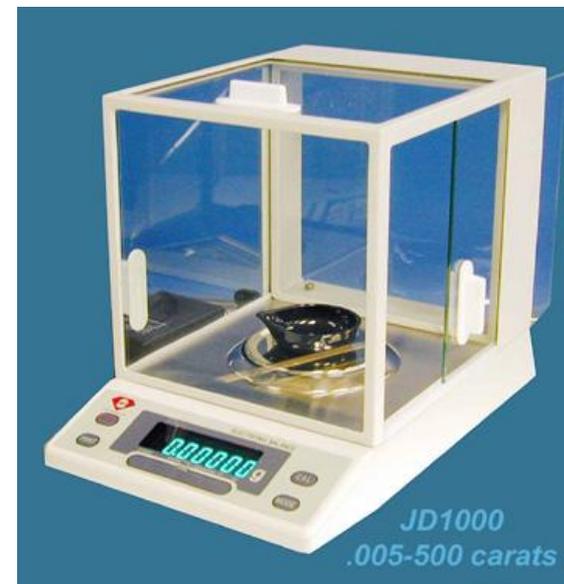
Lupas e pinças



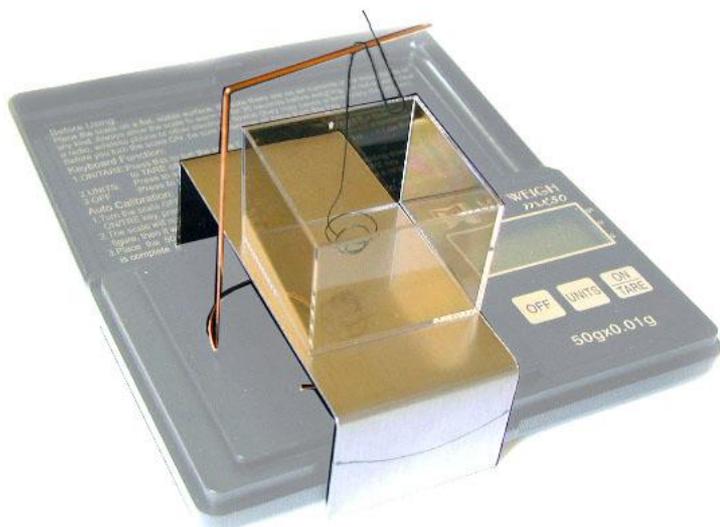
Lupa 10 X Sistema Triplet  
Aplanática e Acromática



# Equipamento



# Balanças



## Equipamento



5000 a 5500 K para  
diamantes



UV - Light

## Iluminação



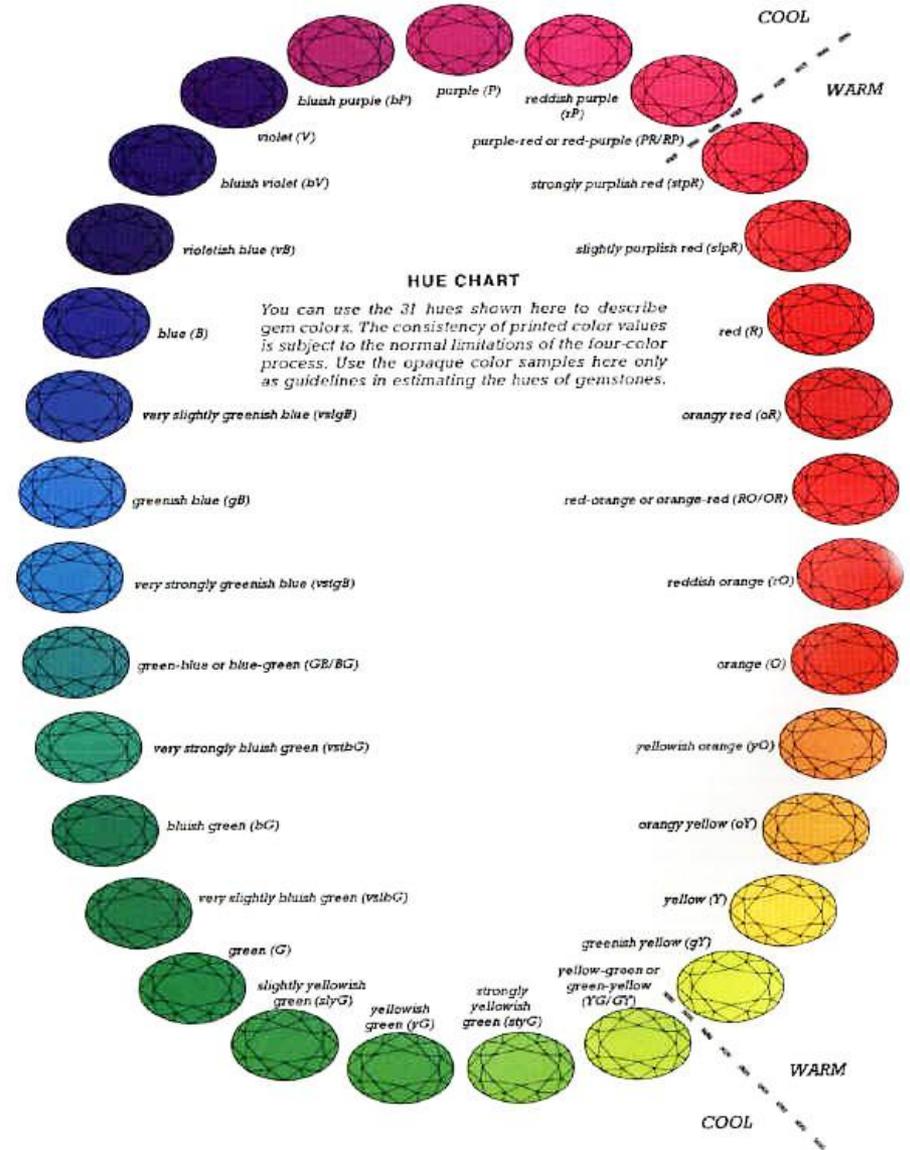
# Equipamento



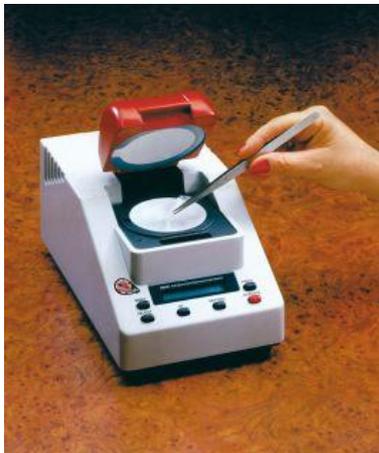
Master stones



Colorímetro



Gemset Colors - GIA



# Equipamento

Gauge -  
Leveridge



# Equipamento



Gauge – crivo ou calibradores

## Equipamento



Polariscópio e  
Espectroscópios



# Equipamento



Refratômetros e reflectômetros



## Equipamento



Microscópio  
gemológico de campo  
escuro



Microscópio gemológico  
horizontal ou de imersão

# Equipamento



Sensores térmicos



D-Screen  
diamantes



Microscópio  
USB



Proporcionoscópio



Lupa para cintura de  
diamantes

Lupa com campo  
escuro



Filtros



Dicroscópio



## • Rotinas

- Descrição detalhada do material a ser analisado (macroscópica e com lupa)
- Dimensões e peso
- Raramente análise por amostragem
- Registro fotográfico detalhado
- Bateria de exames com equipamento gemológico
- Elaboração de laudos/certificados
- Eventualmente avaliação



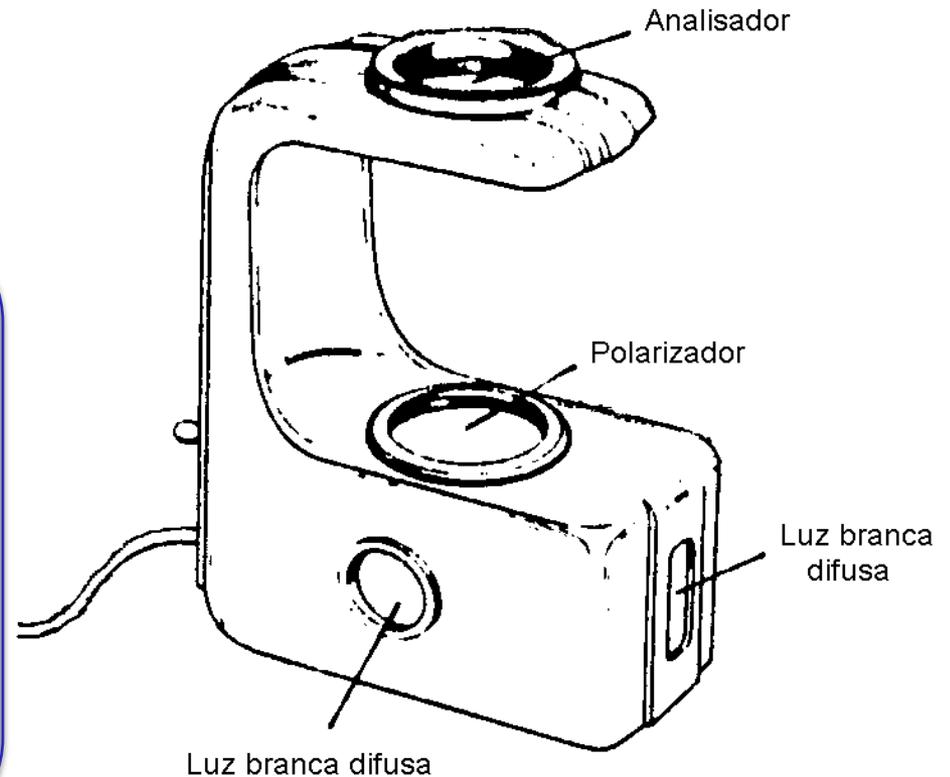
Na simples observação gemológica estão sendo consideradas todas as propriedades físicas e ópticas do material analisado.



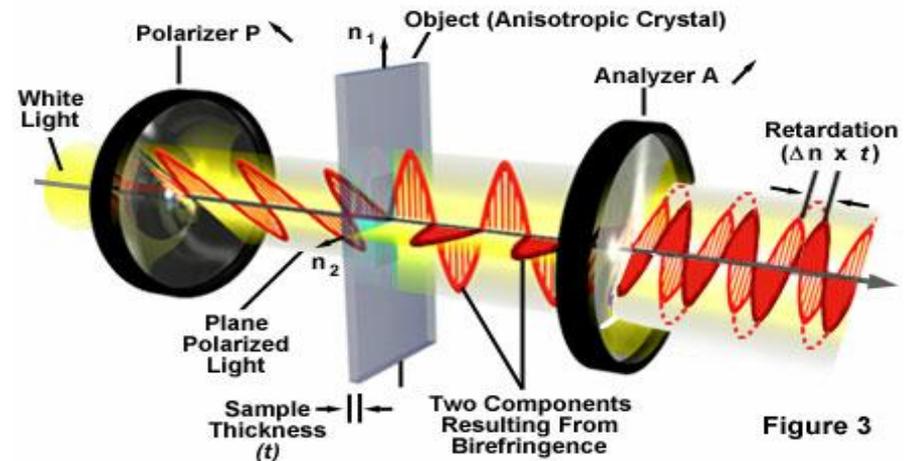
# Polariscópio

Reações possíveis de uma gema ao ser girada 360° entre os filtros

- Totalmente claro
- Totalmente escuro
- Extinção a cada 90°
- Anomalias

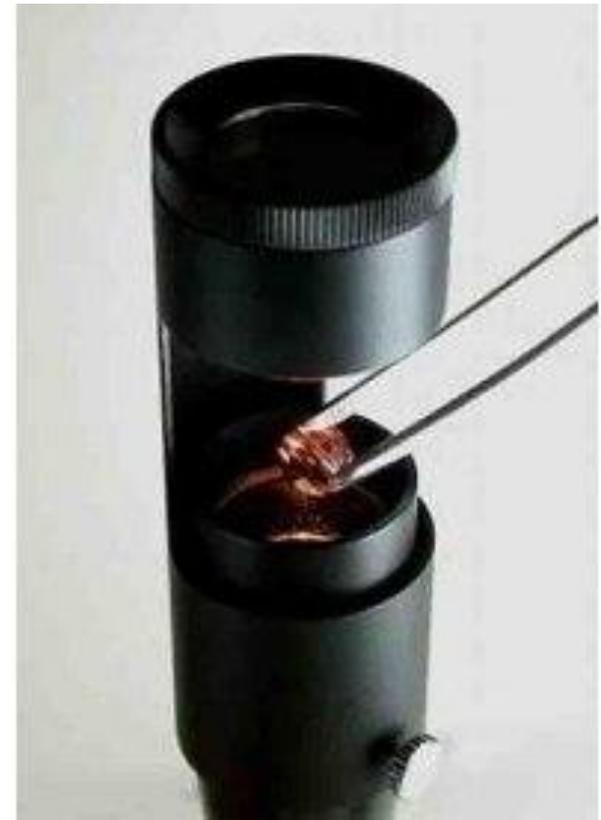


Birefringent Crystals Between Crossed Polarizers



## Polariscópio

- Material isótropo - Sempre escuro
  - Vidro e Gemas sistema cúbico (granada, diamante...)
- Material anisótropo - escurece a cada 90 graus de giro
  - Gemas anisótropas (turmalina, quartzo, berilo...)
- Material microcristalino - claro por todo o giro
  - Calcedônia
- Birrefringência anômala - manchas
  - Espinélio sintético, diamante...



Conoscopic Interference Patterns

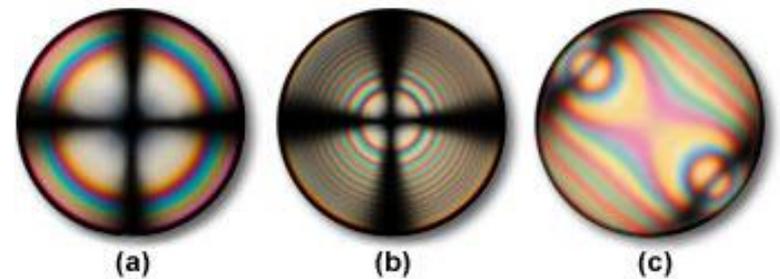


Figure 2

# Refratômetro



Uso do refratômetro e colocação da gema

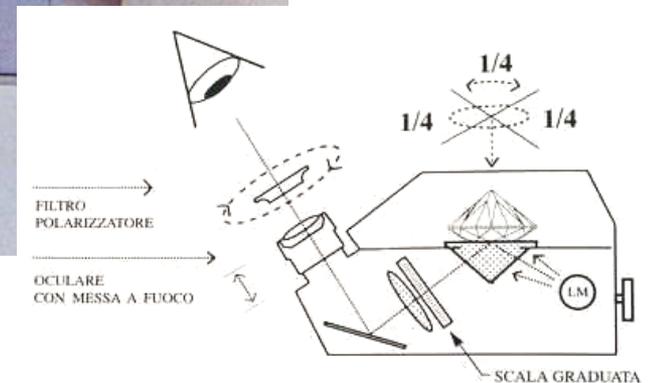
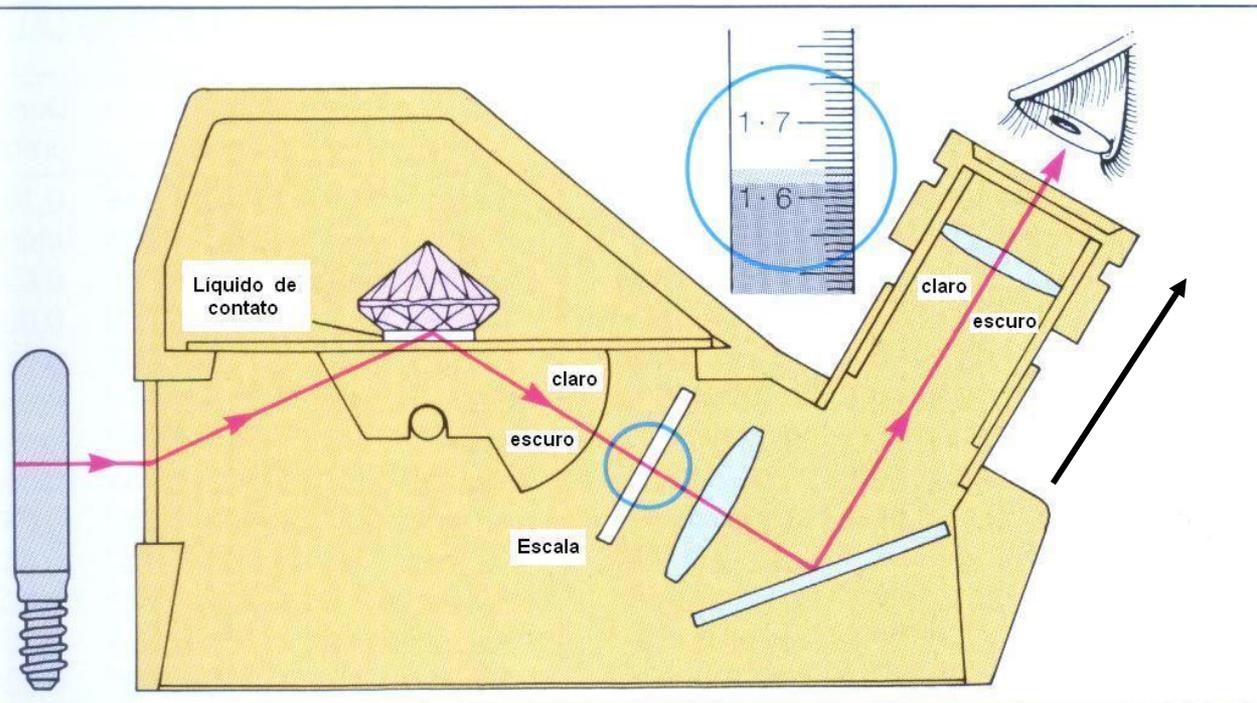


Fig. 74 - Schema di funzionamento del rifrattometro

# Refratômetro

## Informações obtidas com o refratômetro

- Índice de refração
- Isotropia ou anisotropia
- Caráter uniaxial ou biaxial
- Sinal óptico
- Birrefringência

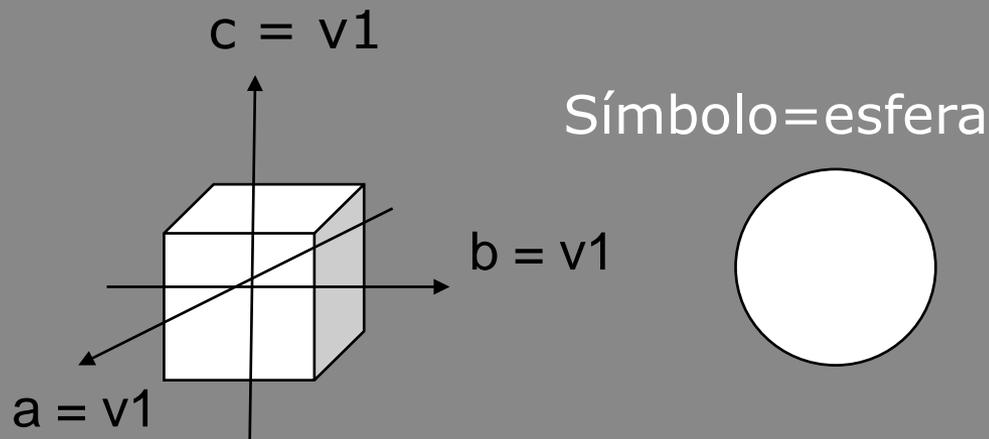


- Quartzo 1,544 - 1,553
- Turmalina 1,624 - 1,644
- Topázio 1,609 - 1,617
- Água marinha 1,570 - 1,580
- Safira azul 1,762 - 1,770
- Espinélio 1,728
- Diamante 2,417

# Caráter óptico

Material Isótropo só tem **1 índice fixo**

Sist. Isométrico  
(velocidade da luz igual em todas as direções)



Ex. Diamante, fluorita, espinélio, granadas...

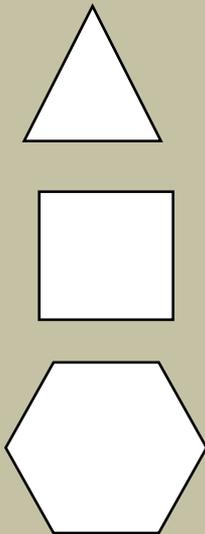
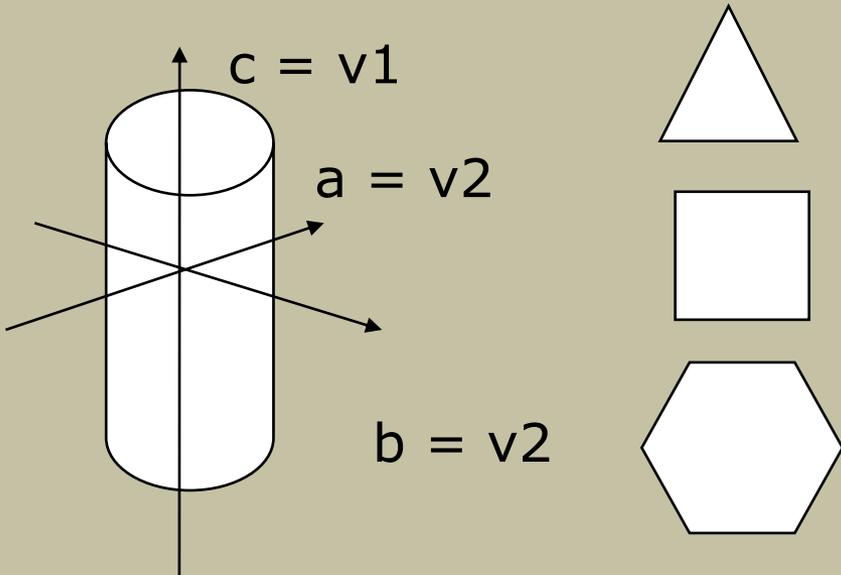
Tabela de índices de refração		
Posição	Ilustração	Valor (Ir)
1		1,718
2		1,718
3		1,718
4		1,718
5		1,718
...		...
Conclusão: Isótropo Ir = 1,718		
Tabela > Espinélio sintético		

# Caráter óptico

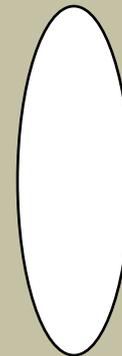
Material Anisótropo tem **2 índices**

Uniaxial (eixo  $c$  + um eixo)  
**1 índice fixo e 1 índice variável**  
Sist. Tetragonal, trigonal e hexagonal

UNIAXIAL ( um índice fixo e 1 móvel)		
Índice fixo (raio ordinário) $\eta_o$	Índice móvel (raio extraordinário) $\eta_e$	Diferença entre os índices extremos = Birrefringência $B$
Sinal óptico: Se: $\eta_e > \eta_o$ $U^+$ (positivo) Se: $\eta_o > \eta_e$ $U^-$ (negativo)		



Símbolo = elipse



Ex. Quartzo, turmalina, berilo, coríndon, zircão...

# Caráter óptico (exemplo, mineral azul claro) UNIAXIAL -



Índice fixo (raio ordinário) $\eta_o$	Índice móvel (raio extraordinário) $\eta_e$
1.598	1.591
1.598	1.590
1.598	1.594
1.598	1.593
1.598	1.593
1.598	1.591
...	...
<p>Dois índices: 1 fixo e 1 móvel = Uniax.  <math>\eta_o = 1.598 &gt; \eta_e = 1.590</math> U-  <math>B = 1,598 - 1.590 = 0,008</math>                      Tabela – berilo (água marinha)</p>	

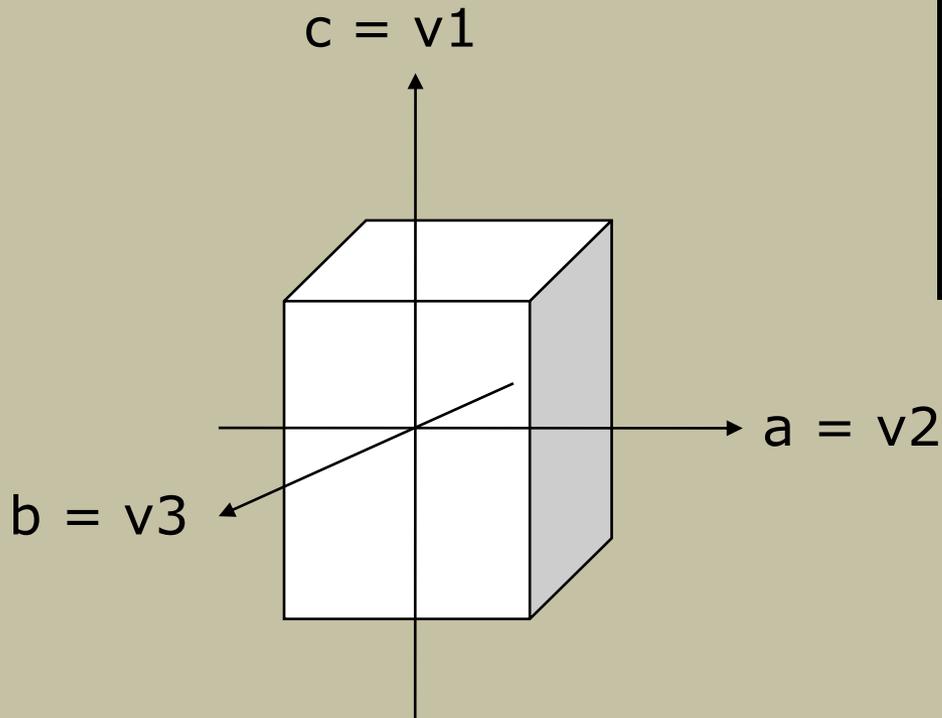
# Caráter óptico

Material Anisótropo tem **2 índices**

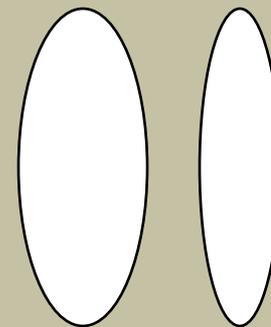
Uniaxial (eixo c + dois eixos)

**2 índices variáveis**

Sist. Ortorrômbico, monoclinico e triclinico



BIAXIAL ( dois índices móveis)		
Índice menor $\eta\alpha$	Índice maior $\eta\gamma$	Diferença entre os índices extremos = Birrefringência $\eta\alpha \neq \eta\gamma = B$
Cálculo de $\eta\beta = \frac{\sum \eta\alpha + \sum \eta\gamma}{n_i}$ $N_i = n^\circ$ de medidas		
Sinal óptico: Se: $\eta\beta + \text{prox. } \eta\alpha$ $B^+$ (positivo) Se: $\eta\beta + \text{prox. } \eta\gamma$ $B^-$ (negativo)		



Símbolo = elipse achatada

Ex. Topázio, espodumênio, cianita, feldspatos...

# Caráter óptico (exemplo, mineral azul claro) BIAXIAL +



Índice móvel (menor) $\eta\alpha$	Índice móvel (maior) $\eta\gamma$
1.630	1.632
1.632	1.632
1.632	1.635
1.640	1.640
1.632	1.632
1.629	1.630
1.630	1.631
Dois índices móveis: biaxial $\eta\alpha = 1.629 > \eta\gamma = 1.640$ $B = 0,011$ $\eta\beta = 1,633$ $B^+$	
Tabela – topázio	

## Microscópio



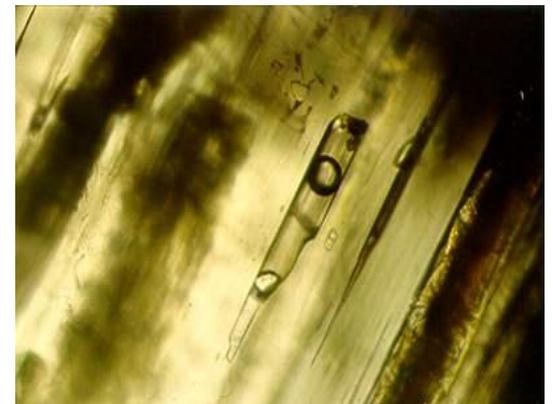
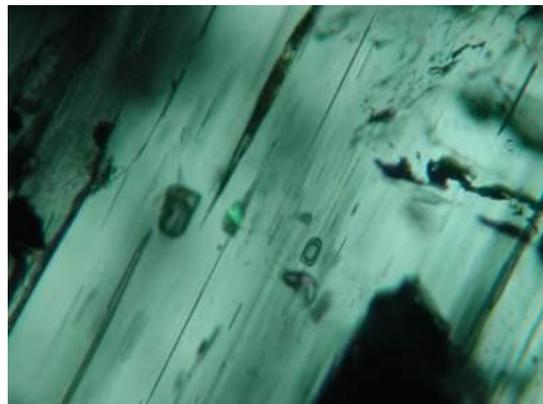
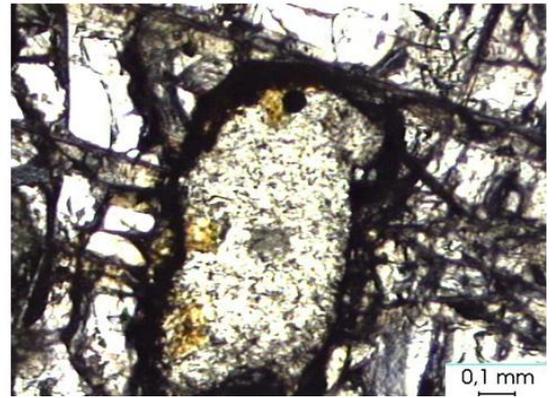
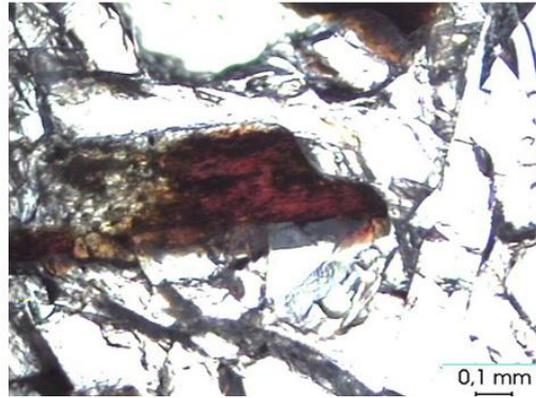
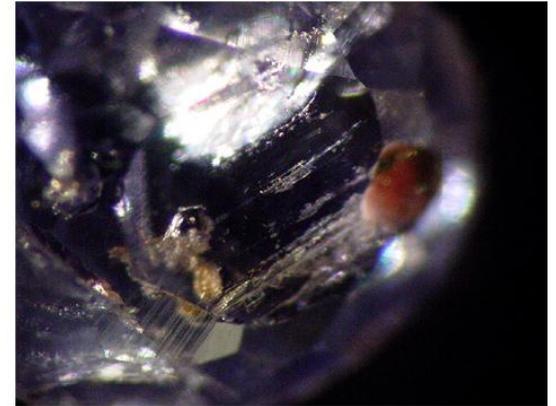
- Inclusões sólidas e fluidas
- Identificação de gemas sintéticas/naturais
- Procedência geológica da gema
- Processo de fabricação se sintética
- Informações sobre a gênese

- Campo escuro – evidenciar inclusões com fundo preto
- Campo claro – luz transmitida para linhas de crescimento e inclusões fluidas
- Luz difusa – linhas curvas em sintéticas
- Luz refletida – marcas de polimento
- Luz refletida oblíqua – com fibra óptica para inclusões muito pequenas e óleos
- Luz horizontal – dublês e triplets
- Luz polarizada – identificação de minerais



# Microscópio

Exemplos de feições em gemas ao microscópio – inclusões em coríndon, esmeralda natural (BR e Colômbia) e sintética (Processo hidrotermal – Linde)



# Espectroscópio



quarzo aventurinina verde



650

cromocalcedonio  
verde intenso



480

calcedonio verde  
tinto artificialmente



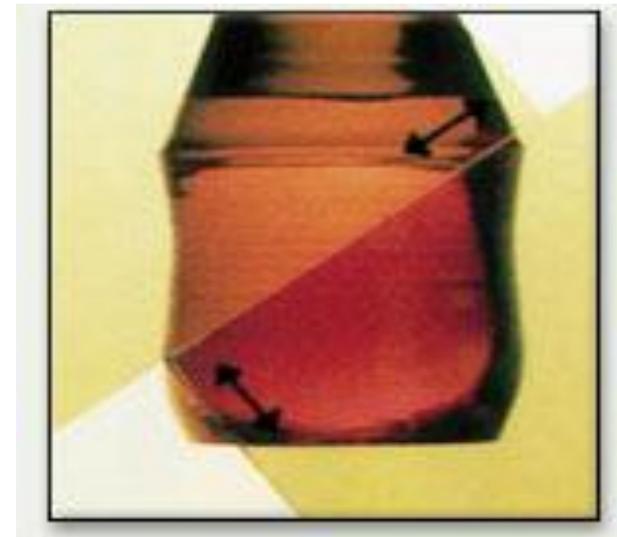
Espectroscopia na faixa do visível

## Dicroscópio



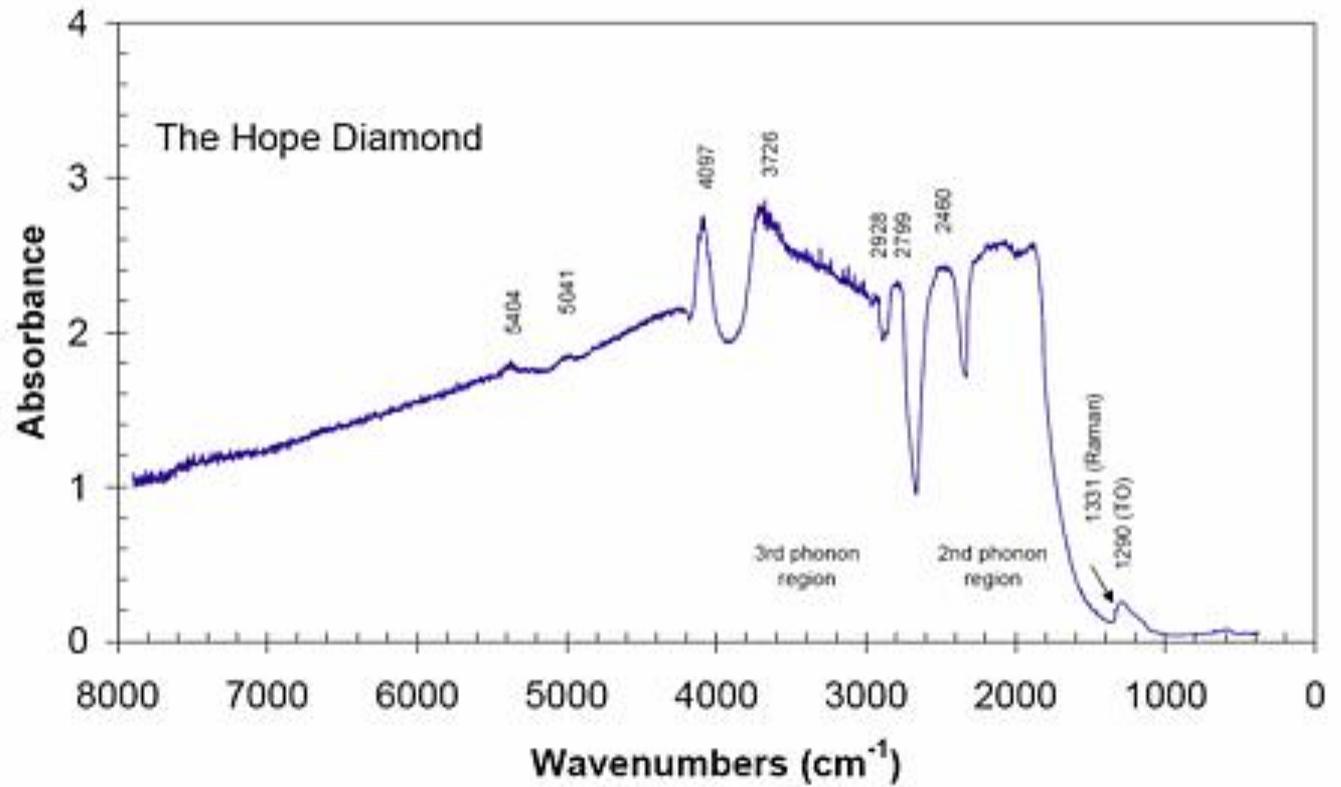
- Gemas coloridas
- Isótropas – sem reação
- Anisótropas
  - Reação forte – muda de cor
  - Reação moderada – muda de tom
  - Reação fraca – levemente perceptível
  - Inexistente – sem reação

**Especialmente útil para água  
marinha (trat. Térmico)**



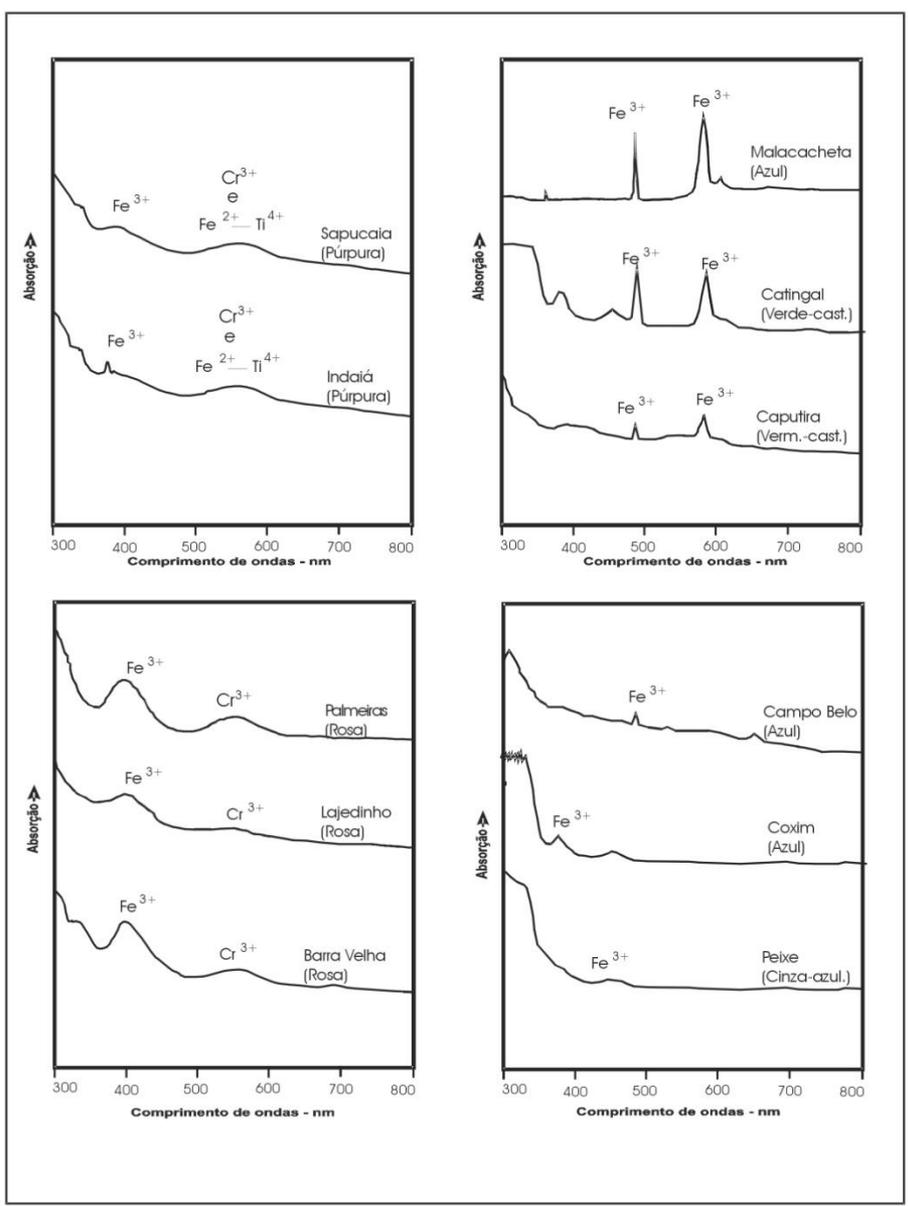
# • Técnicas laboratoriais avançadas

- Laboratório sofisticados
- Espectroscopia Infra vermelho e UV-Visível
- Espectroscopia Raman
- Difractometria de RX
- Microscópio eletrônico (EDS)
- Microsonda eletrônica
- Laser-ablation
- Ressonância Paramagnética (EPR)



Espectroscopia no infravermelho de diamante Tipo II B



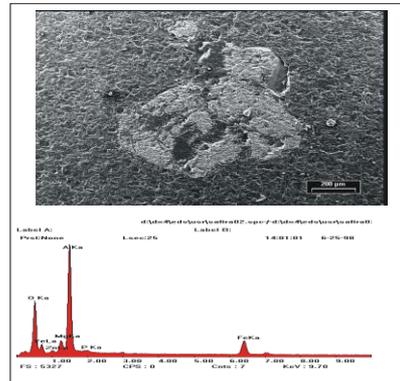


Resultados de análises de coríndon no espectro ultravioleta- visível-infravermelho

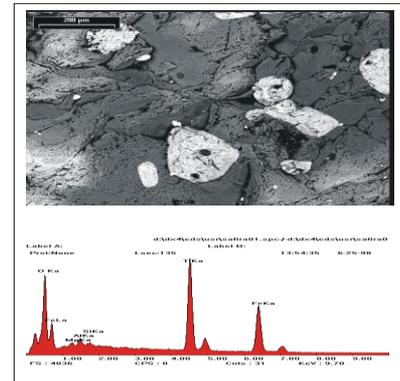


Uso de **MEV-EDS** em gemas mostrou-se altamente eficiente para identificação e caracterização química em inclusões. Entre as gemas estudadas rubis e safiras do Brasil (ex. Figuras), esmeraldas e outras.

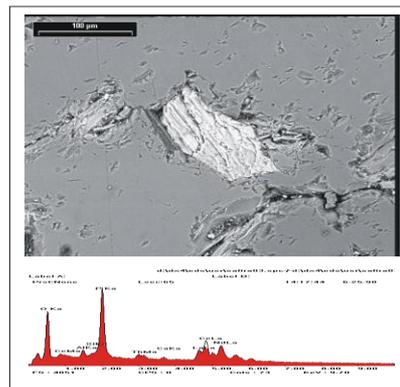
ESPINÉLIO - INDAIÁ



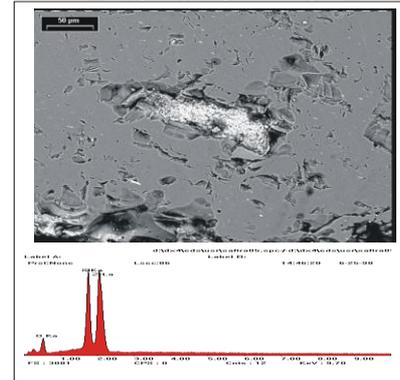
ILMENITA - PALMEIRAS



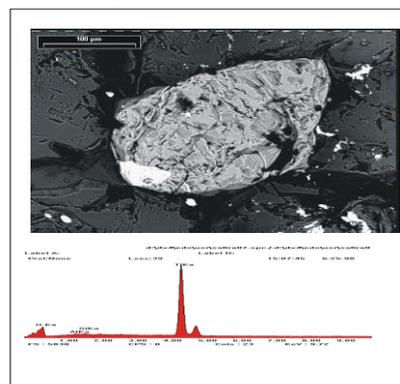
MONAZITA - BARRA VELHA



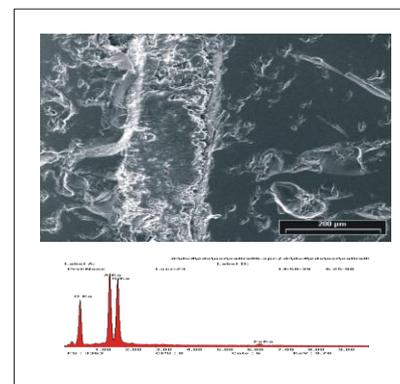
ZIRCÃO - CATINGAL



RUTILO - CAPUTIRA



Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> - INDAIÁ



Difratometria de RX para monocristais e pó – Zagreb (Croácia) e Laboratório de Ressonância Paramagnética (EPR) em Louvain-La-Neuve (Bélgica)



Exemplos de análises sofisticadas que podem ser realizadas com escopo de investigação gemológica (gemologia científica). Acima: Laser Ablation



Para saber mais...

- **Anderson, B. W.** 1984. A identificação das gemas. Rio de Janeiro. Ao Livro Técnico. 460p.
- **Hurlbut Jr. C.S. & Switzer G.S.** 1980. Gemologia. Barcelona, Omega. 243p.
- **Schumann, W..** 2002. Gemas do Mundo. 9. ed. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico. p. 280.
- **Klein C. & Hurlbut Jr. C.S.** 1993. Manual of Mineralogy. 21. ed. New York, John Wiley & Sons. 681p.