

Fundamentos para o estudo de minerais

Antonio Liccardo
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Bibliografia

- Klein C. & Hurlbut Jr. C.S. 1993. **Manual of Mineralogy**. 21. ed. New York, John Wiley & Sons. 681p.
- Dana, J. D. (1981). **Manual de Mineralogia**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 2 vols.
- Press, Siever, Grotzinger e Jordan - **Para Entender a Terra** – Ed. Bookman
- Teixeira, Toledo, Fairchild & Taioli , **Decifrando a Terra**, Ed.Oficina de Textos
- Hurlbut Jr. C.S. & Switzer G.S. 1980. **Gemologia** . Barcelona, Omega. 243p.
- Anderson, B. W. 1984. **A identificação das gemas**. Rio de Janeiro. Ao Livro Técnico. 460p.
- CETEM, 2008. **Rochas & Minerais Industriais** – usos e especificações

PEDRA POR PEDRA – Mineralogia para Crianças – Oficina de Textos
Autores – Antonio Liccardo e Valentina B. Liccardo



Minerais na forma de grãos, cuja identificação das propriedades físicas revela o significado geológico do ambiente

2mm

CONSTRUÇÃO: AREIA, CASCALHO, BRITA, PEDRA, ARGILA,
CIMENTO, AÇO, ALUMÍNIO, ASFALTO, VIDRO, GESSO

ENCANAMENTO E ELETRICIDADE: FERRO, COBRE, LATÃO,
CHUMBO, AMIANTO, VIDRO

TINTAS: PIGMENTOS, ENCORPANTES DE TALCO E AMIANTO

MOBÍLIA: FERRO E AÇO, LIXAS DE GRANADA E RUTILO

ROUPAS: FIBRAS NATURAIS CRESCIDAS COM FERTILIZANTES,
CORANTES

COMIDA: SAL, FERTILIZANTES, MÁQUINAS DE PROCESSAMENTO,
EMBALAGENS DE METAL E VIDRO, LOUÇA DE CERÂMICA E VIDRO,
PANELAS DE METAL, VIDRO E CERÂMICA

COSMÉTICOS: SAIS, CORANTES, EXCIPIENTES

História

- Textos bíblicos
- Arqueologia – paleolítico, neolítico, egípcios
- Plínio, o velho – Tratado das Pedras Preciosas
- Idade média – alquimistas
- Século XVIII – sistematização como ciência
- Século XIX – José Bonifácio no Brasil
- Século XXI – mineralogia moderna



Importância da extração mineral e do conhecimento mineralógico desde o paleolítico



- Plínio, o velho – Tratado das Pedras Preciosas
- Idade média – alquimistas

C. PLINII SECUNDI
**NATURALIS
HISTORIÆ,**
TOMUS PRIMUS.

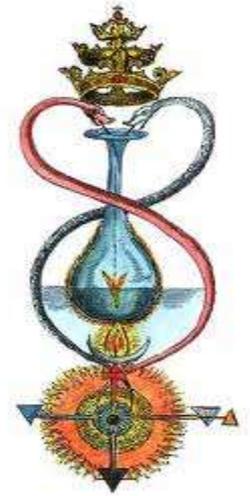
CUM COMMENTARIIS & ADNOTATIONIBUS HERMOLAI
BARBARI, PINTIANI, RHEENANI, GELENII,
DALECHAMPII, SCALIGERI, SALMASII,
IS. VESSII, & VARIORUM.

*Accedunt præterea varia Lectiones ex MSS. compluribus
ad oram Paginarum accur te indicata.*

Item JOH. FR. GRONOVII Notarum Liber Singularis
ad Illustrrem Virum *Johannem Capelaxum.*



LUGD. BATAV. } Apud HACKIOS, A. 1669.
ROTTERDAMI.



São Tomás de Aquino

Tratado da Pedra Filosofal
e
Tratado sobre a Arte
da Alquimia

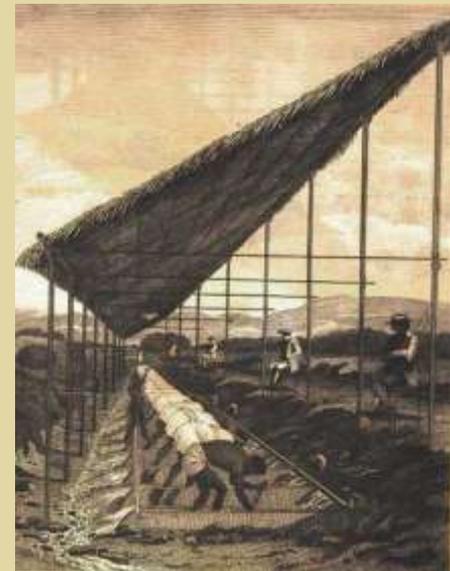


FIM DE SÉCULO
Imagores



Naturalistas

John Mawe - 1812



TRAVELS

IN THE

INTERIOR OF BRAZIL,

PARTICULARLY IN THE

GOLD AND DIAMOND-DISTRICTS
OF THAT COUNTRY.

BY AUTHORITY OF THE PRINCE REGENT OF PORTUGAL:

ENCLINED

A VOYAGE TO THE RIO DE LA PLATA,
AND AN HISTORICAL SKETCH OF THE REVOLUTION OF BUENOS AYRES.

ILLUSTRATED WITH ENGRAVINGS

By JOHN MAWE,

AUTHOR OF "THE MINERALOGY OF DERBYSHIRE."

LONDON:

PRINTED FOR LONGMAN, HURST, REES, ORME, AND BROWN,
PATERNOSTER-ROW.

1812.



JOHN MAWE

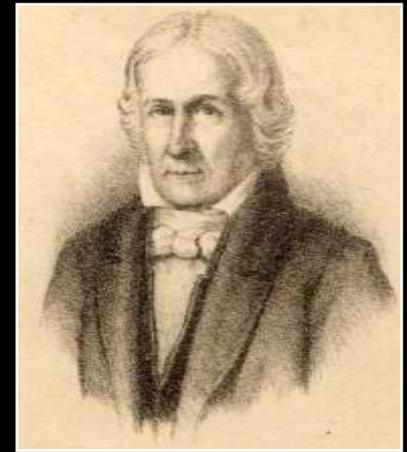
VIAGENS AO INTERIOR DO BRASIL



ZELIO VALVERDE

Mineralogia atual

- Desde José Bonifácio
- Ciência aplicada
- IMA – 30 minerais tipo 1959-2008
- Muitos foram invalidados
- 11 de 2003 a 2007
- Geodiversidade desconhecida !
- Daniel Atêncio - USP
- Mineralogia descritiva depende diretamente de colecionadores



José Bonifácio de Andrada e Silva –



Granada Andradita – Museu Ouro Preto

Minerais descobertos no século XXI



- **Coutinhoíta**

- **Kalungaíta**

- **Matioliíta**

- **Arrojadita (PbFe)**

- **Menezesita**

- **Ruifrancoíta**

- **Lindbergita**

- **Guimarãesita**

- **Oxikinoshitalita**

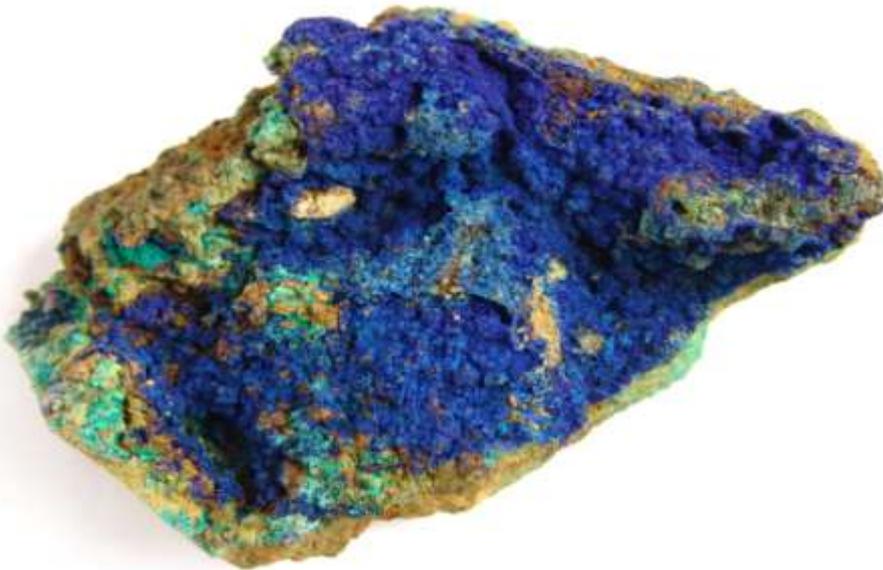
- **Bedadaíta**

- **Atencioíta**



COMO SE CLASSIFICAM OS MINERAIS?

- Plínio (77 DC): gemas, pigmentos, minérios
- Avicena, Agricola: características físicas
- Cronstedt (século 18): classificação química
- Berzelius (século 19) e James Dana (1850)



Elementos nativos
Sulfetos
Halóides
Óxidos
Hidróxidos
Carbonatos
Fosfatos
Boratos
Vanadatos
Nitratos
Arsenatos
Sulfatos
Silicatos

**Classificação
química dos
minerais**

Nesosilicatos
Sorossilicatos
Ciclossilicatos
Inossilicatos
Filossilicatos
Tectossilicatos

Classificação de minerais pelo uso

- Metálicos
- Não-metálicos

- físicos
- químicos

- Metálicos
- RMI
- Gemas
- Águas
- Energéticos



Mineral não é igual a Minério !!!

Minerais Metálicos



- Ferrosos – uso intensivo na metalurgia (Fe, Mn, Ni, Cr, Co, Mo, Nb, V, W)
- Não-ferrosos – básicos (Cu, Zn, Pb, Sn)
leves (Al, Mg, Ti, Be)
- Preciosos – Au, Ag, Pt, Os, Ir, Pd, R, Ru
- Raros – escândio, índio, germânio, gálio, etc...



Não-metálicos – Rochas e Minerais Industriais

- Estruturais ou para construção civil – areia, brita, calcário, gipsita, argila vermelha, amianto, vermiculita...
- Indústria química – enxofre, barita, fluorita, cromita, pirita...
- Indústria cerâmica – argilas, caulim, feldspato, quartzo...
- Refratários – magnesita, bauxita, grafita, cianita...
- Isolantes – amianto, vermiculita, mica...
- Fundentes – fluorita, criolita...
- Abrasivos – diamante, coríndon, granada...
- Carga – talco, gipsita, barita, caulim, calcita...
- Pigmentos – barita, minerais de titânio, azurita...
- Agrominerais – fosfato, calcário, enxofre, sais de potássio, flogopita...
- Ambientais – zeólitas, vermiculita, calcário, atapulgita...

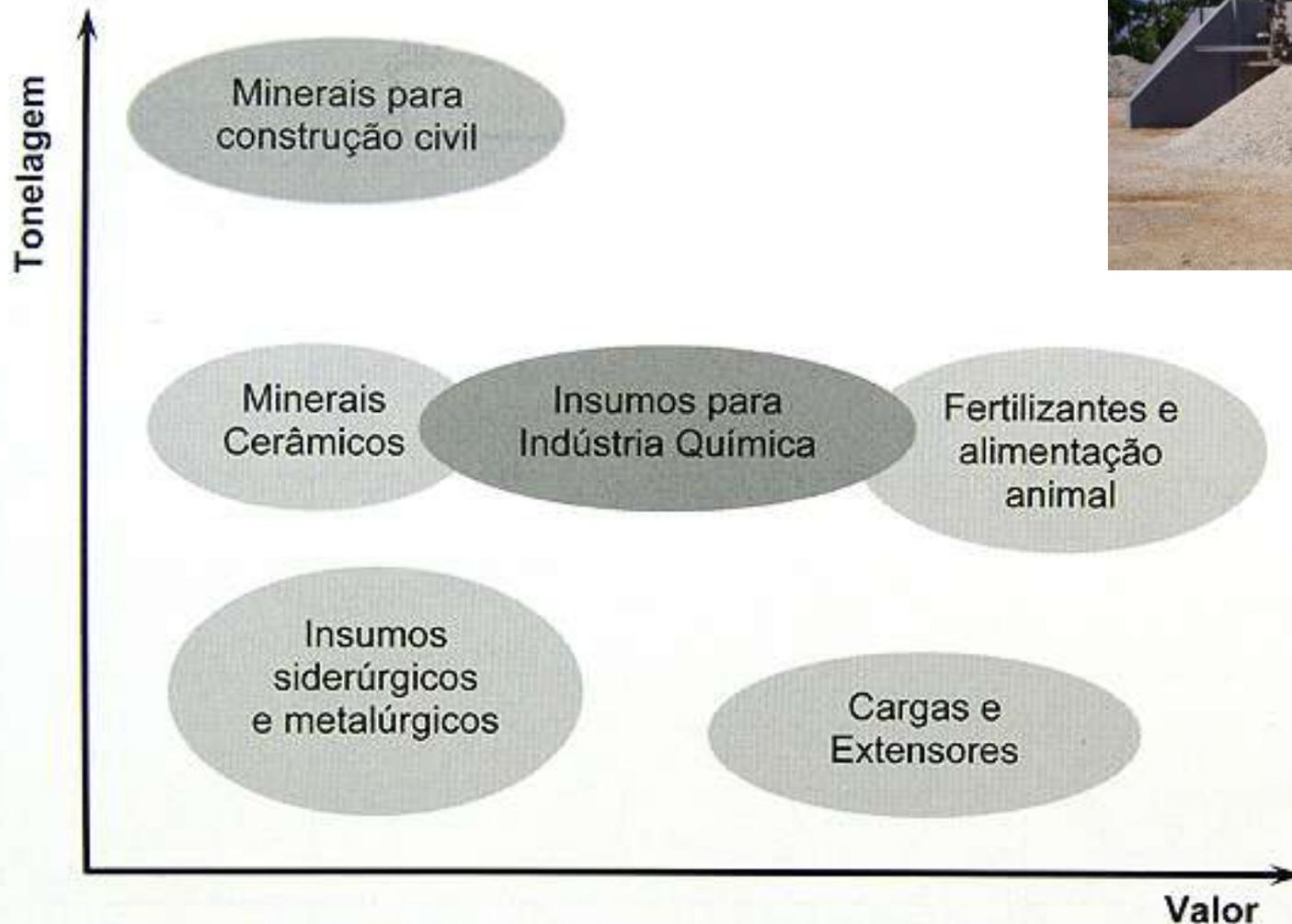


Figura 7 – Os grandes espaços de mercado para os Minerais Industriais.

Tabela 11 – Aplicações de minerais selecionados em termoplásticos.

| Mineral | Resina Principal | Função |
|-----------------------------------|------------------|--------------------------|
| Alumina Hidratada | Poliéster | Anti-Chama |
| Calcita Natural | PVC | Carga |
| CaCO ₃ Precipitado | PVC | Resistência Impacto |
| Caulim (Air Floated) | Poliéster | Tixotropia |
| Caulim Calcinado | PVC | Resistência Elétrica |
| Caulim (<i>Surface Treated</i>) | Nylon | Estabilidade Dimensional |
| Mica | Polipropileno | Resistência à Flexão |
| Quartzo Moído | Epoxy | Estabilidade Dimensional |
| Talco | Polipropileno | Rigidez |
| Wollastonita | Nylon | Reforço Mecânico |

Não-metálicos – gemas, águas e energéticos

- Pedras preciosas – diamante, berilo, coríndon, turmalina, quartzo...
- Águas* – minerais e subterrâneas (classificação comercial!)
- Energéticos – urânio, tório, turfa*, carvão*, petróleo*

* (não são minerais, mas são estudados na geologia e extraídos por mineração)



Classificação industrial

- Físicos – **mantêm** a identidade original – estruturais, cargas, auxiliares de processos, fundição...
- Químicos – **perdem** a identidade original – insumos para indústria química, fertilizantes, fluxo de metalurgia...

Classificação pela Funcionalidade

Uma sistemática de classificação dos minerais industriais, muito utilizada, baseada em funcionalidade, separa os não-metálicos em dois grupos: Minerais Físicos e Minerais Químicos. As Tabelas 1 e 2 agrupam os principais minerais participantes destes dois grandes grupos de minerais industriais. Cimminelli (2002b) estudou o mercado para a produção brasileira de minerais cerâmicos e minerais funcionais que compõem estes dois grandes grupos.

Tabela 1 – Grupo dos minerais físicos.

| Mineral | Minerais Estruturais | Cargas e Extensores | Auxiliares de Processos | Fundição |
|-------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|----------|
| Amianto | x | x | x | |
| Atapulgita | | x | x | |
| Baritas | x | x | x | |
| Bentonita | | x | x | x |
| Carbonato de Cálcio | | x | | |
| Cimento | x | | | |
| Diatomita | x | x | x | |
| Dolomita | | x | | |
| Gipsita | x | x | | |
| Caulim | x | x | | x |
| Agregados de baixo peso | x | | | |
| Mica | x | x | | |
| Nefelina Sienito | | x | x | |
| Perlita | x | | x | |
| Pedra Pomes | x | | | |
| Areia e Cascalho | x | | | |
| Silica | | x | | x |
| Pedra Britada | x | | | |
| Pedra | x | | | |
| Talco | | x | | |
| Vermiculita | x | | | |
| Wollastonita | | x | | |

Tabela 2 – Grupo dos minerais químicos.

| Minerais | Insumos Indústria Química | Insumos Fertilizantes | Auxiliares Processos Químicos | Insumos Indústria Cerâmica | Fluxos Metalurgia |
|--------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------|
| Argilas | | | | x | |
| Baritas | | x | | x | |
| Bauxita | | x | | x | |
| Boro | | x | | x | |
| Bromina | | x | | | |
| Cromita | x | | | x | |
| Dolomita | | x | | x | |
| feldspato | | | | x | |
| fireclay | | | | x | |
| Fluorita | x | | | x | x |
| Gipsita | | x | | | x |
| Ilmenita, Rutilo | x | | | | x |
| Caulim | x | | | x | x |
| Cal | x | x | x | x | x |
| Calcário | x | x | | | x |
| Sais de Lítio | x | | | x | x |
| Magnesita | x | | | x | |
| Turfa | | x | | | |
| Fosfatos | x | x | | | |
| Potássio | x | x | | | |
| Sal | x | | x | | |
| Carbonato de Sódio | x | | x | x | |
| Sulfato de Sódio | x | | x | | |
| Enxofre | x | x | | | |
| Talco | | | | x | |
| Wollastonita | | x | | x | |

O QUE É MINERAL?



calcofilita



serpierita

sólido homogêneo, cristalino, inorgânico, de ocorrência natural (processos geológicos) e composição química definida

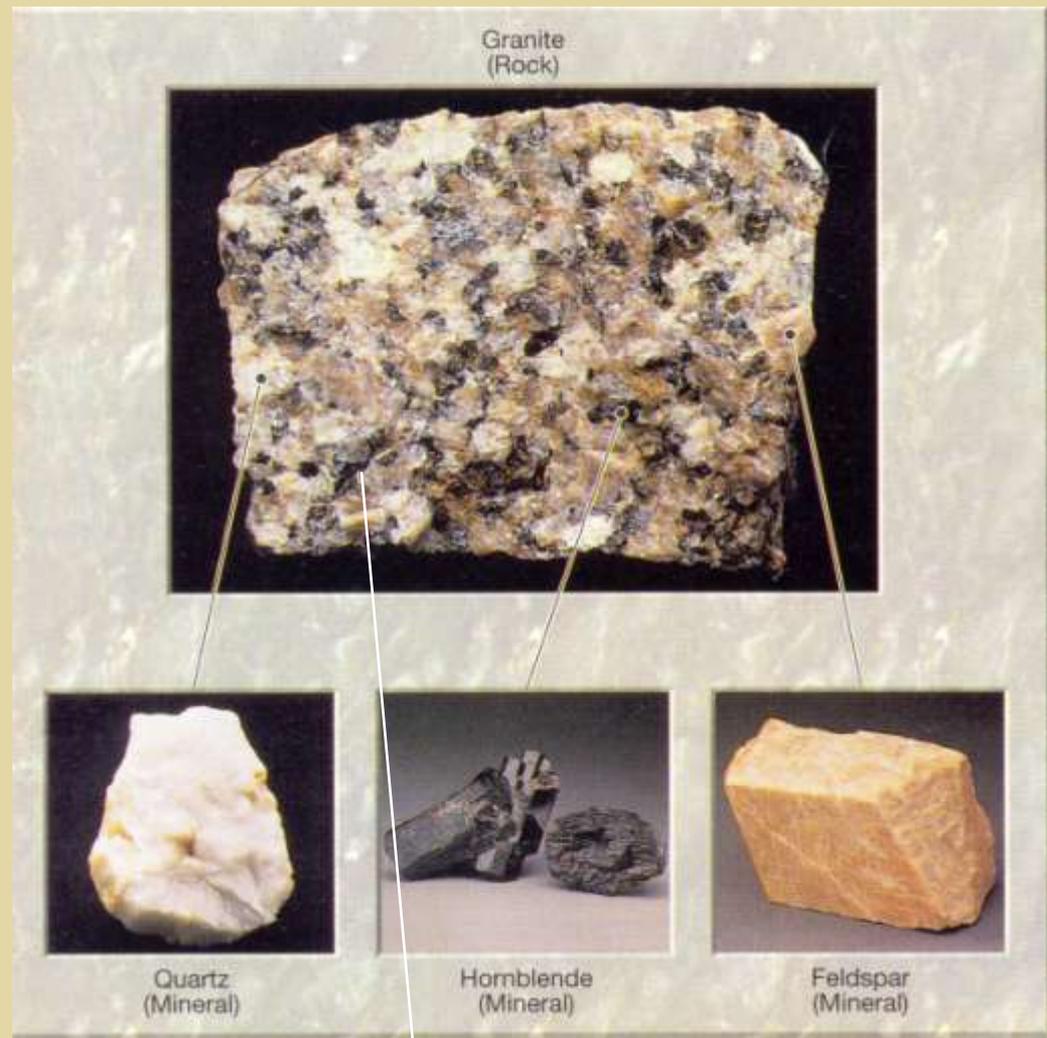
combinação ordenada dos átomos,
com propriedades cristalográficas específicas

retículo cristalino

- **Estrutura cristalina e composição química irão determinar as propriedades físicas dos minerais**

- **Rocha (I,S,M)** é um agregado coeso de minerais.

- **Cristal:** é um sólido homogêneo com ordem interna regular limitado por faces planas.



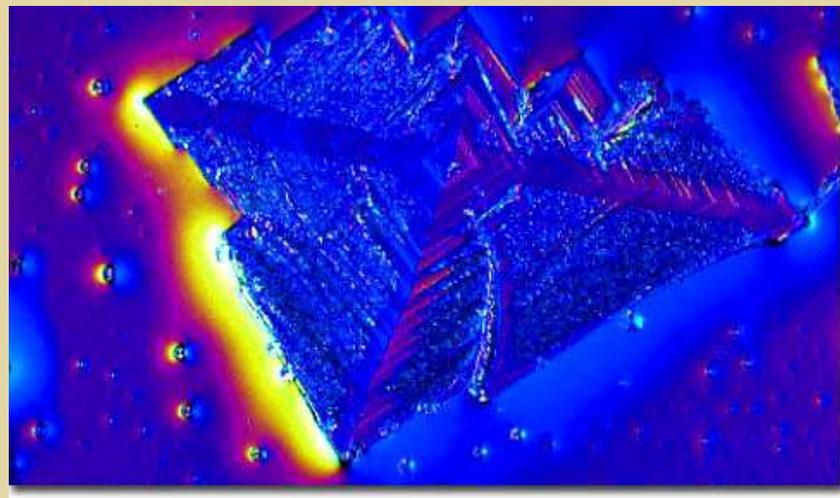
COMO SE FORMAM?

Ambiente magmático

Ambiente sedimentar

Ambiente metamórfico

COMO SE FORMAM?



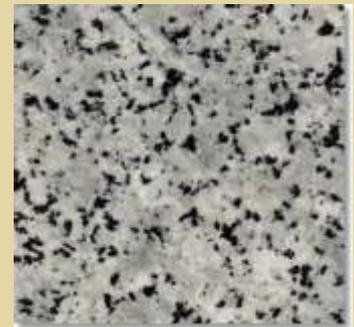
cristalização se inicia com a formação de microcristais



faces cristalinas se mantêm, enquanto houver espaço:
no magma, cavidades, fraturas, poros



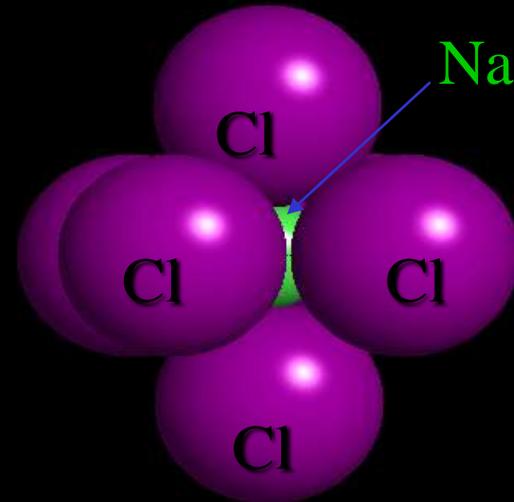
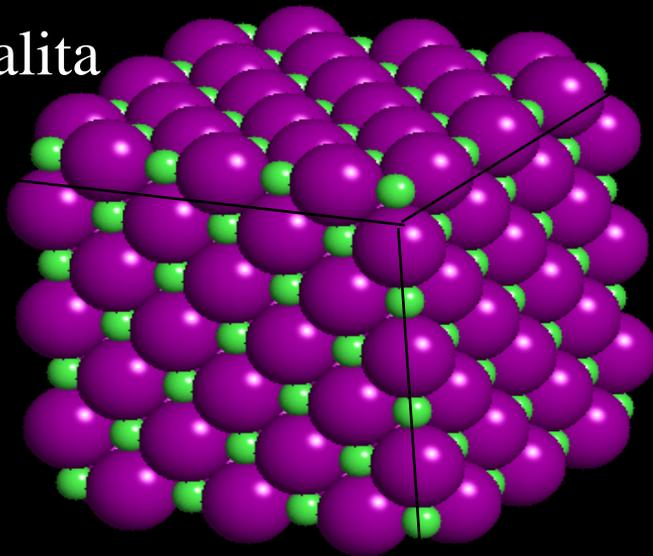
interferência de faces sobre outras
quando acabar o espaço



Estrutura cristalina

- Todos os minerais apresentam estrutura cristalina.
- A Estrutura cristalina é propriedade característica de cada mineral
- Todas as espécies de um mesmo mineral têm estrutura cristalina idêntica

Halita

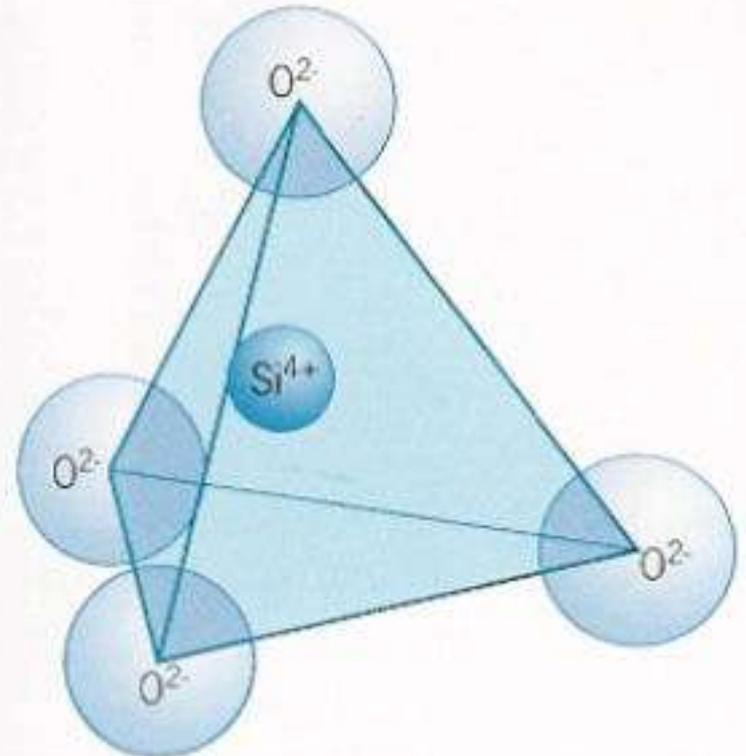
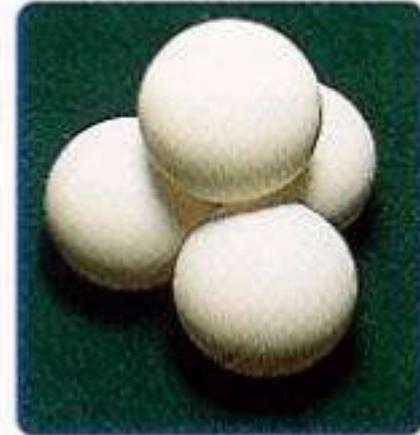


EXEMPLO DE ESTRUTURA CRISTALINA

SILICATOS

A estrutura básica do silicatos é o tetraedro $(\text{SiO}_4)^{4-}$.

O Si^{4+} localizado na região central, está rodeado por quatro átomos de oxigênio.



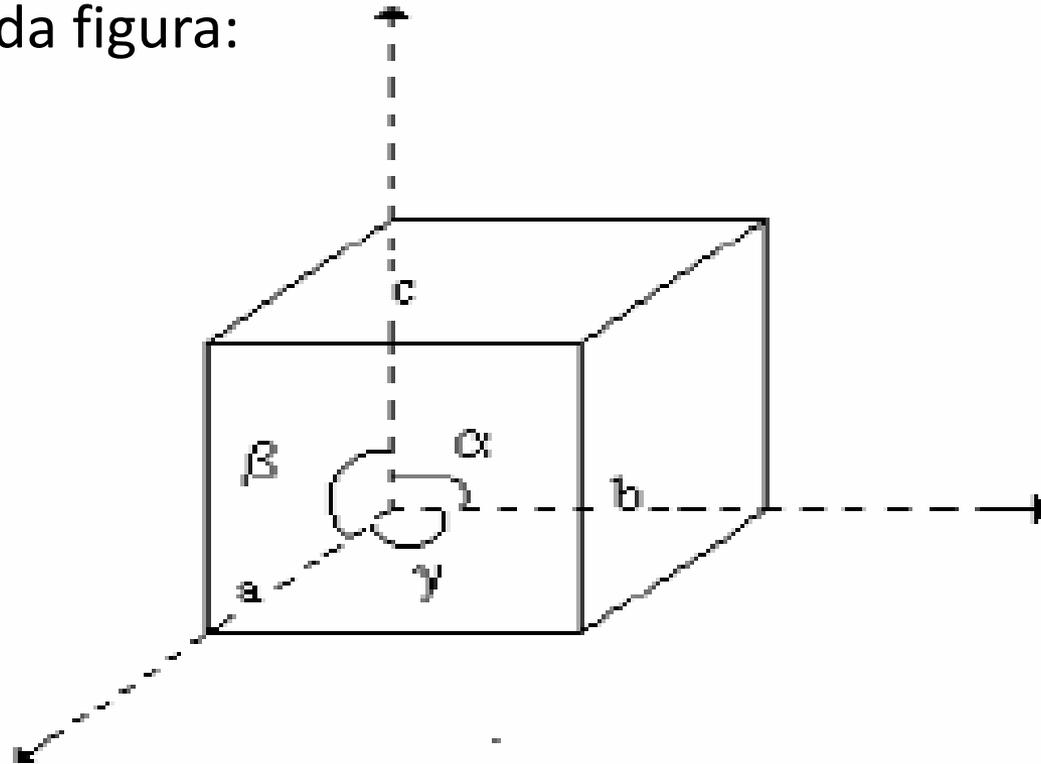
Estrutura cristalina



- Em uma pilha cada tijolo representa uma **cela unitária**.
- A distribuição em 3D forma a **estrutura cristalina**.
- Tijolos formando “montes” - celas unitárias sem qualquer periodicidade material **amorfo**.

Os Sistemas Cristalinos

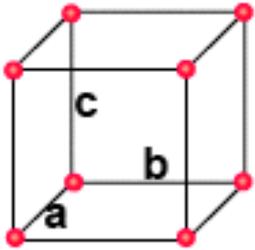
- Para classificar os sistemas cristalinos, toma-se o sistema cartesiano da figura:



Sistemas Cristalinos

| SISTEMA | Constantes lineares | Constantes angulares | Exemplos | Simetria |
|--------------|--------------------------|---|-----------|----------|
| CÚBICO | $a = b = c$ | $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ | FLUORITA | 4E3 |
| TETRAGONAL | $a = b \neq c$ | $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ | ZIRCÃO | E4 |
| ORTORRÔMBICO | $a \neq b \neq c$ | $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ | TOPÁZIO | 3E2 |
| MONOCLÍNICO | $a \neq b \neq c$ | $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$ | MALAQUITA | E2 |
| TRICLÍNICO | $a \neq b \neq c$ | $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$ | ALBITA | C |
| TRIGONAL | $a_1 = a_2 = a_3 \neq c$ | $\alpha = \beta = 120^\circ$ $\gamma = 90^\circ$ | TURMALINA | E3 |
| HEXAGONAL | $a_1 = a_2 = a_3 \neq c$ | $\alpha = \beta = 60^\circ$ $\gamma = 90^\circ$ | BERILO | E6 |

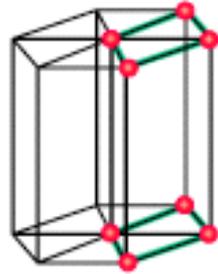
Sistemas Cristalinos



cubic

$$a = b = c$$

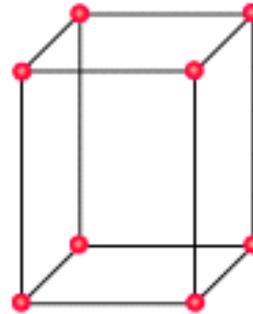
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



hexagonal

$$a = b \neq c$$

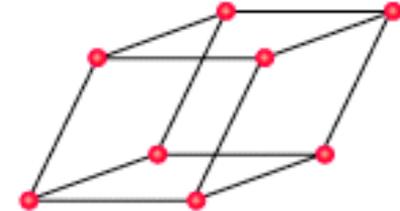
$$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$$



tetragonal

$$a = b \neq c$$

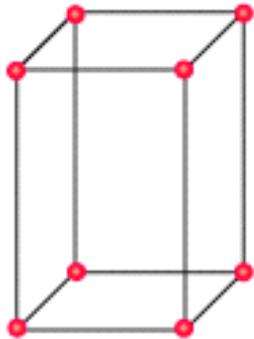
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



rhombohedral

$$a = b = c$$

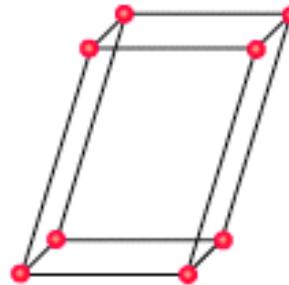
$$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$$



orthorhombic

$$a \neq b \neq c$$

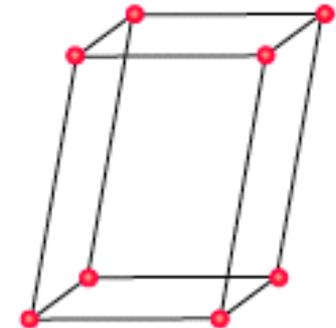
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



monoclinic

$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$$

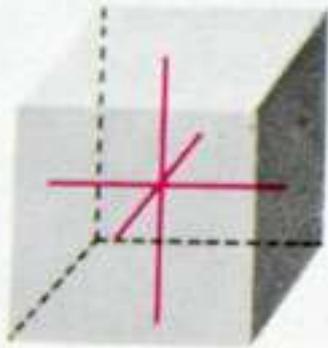


triclinic

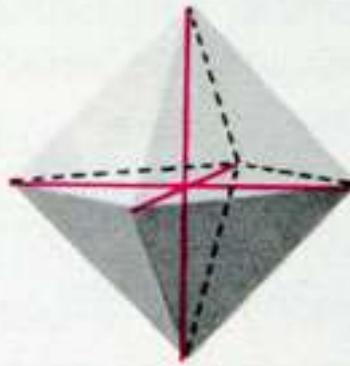
$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$

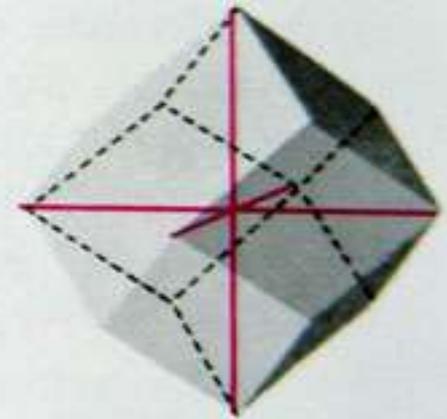
Sistema Cúbico



Cubo

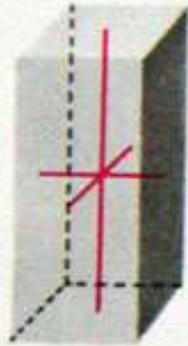


Octaedro

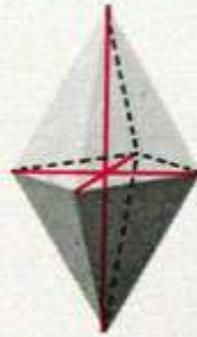


Rombododecaedro

Sistema Tetragonal



Prisma tetragonal e e pinacóide basal

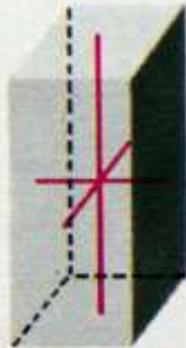


Bipirâmide

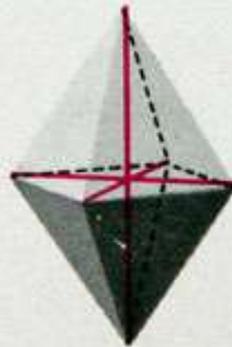


Pirâmide com prisma

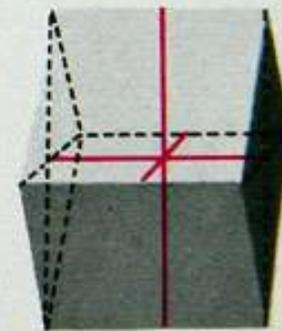
Sistema Ortorrômbico



Pinacóides



Bipirâmide

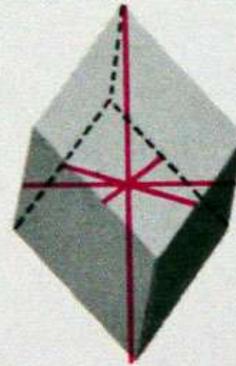


Prisma e pinacóide

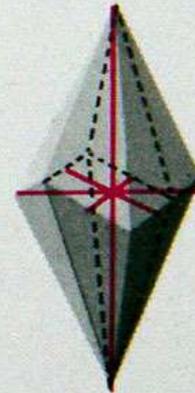
Sistema Trigonal



Bipirâmide

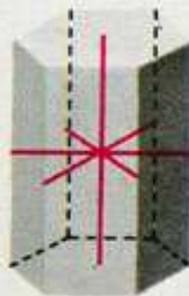


Romboedro



Escalenoedro

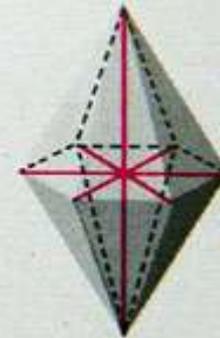
Sistema Hexagonal



Prisma hexagonal
e pinacóide basal

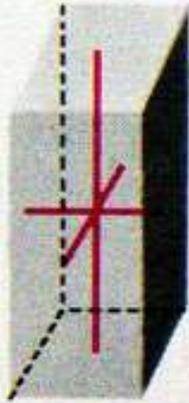


Prisma hexagonal
e pinacóide basal

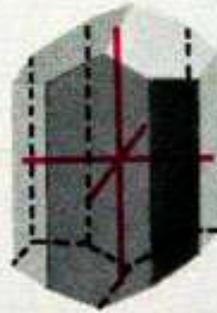


Bipirâmide hexagonal

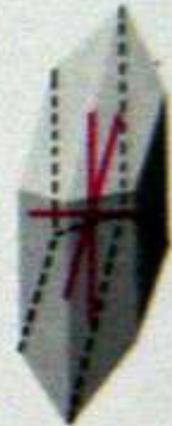
Sistema Monoclínico



Pinacóides

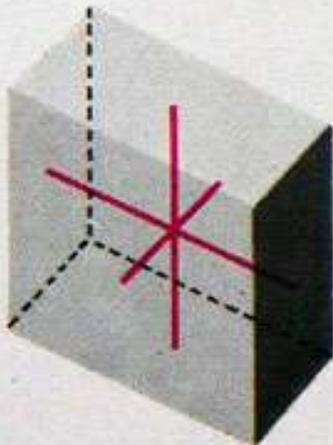


Prismas
e pinacóides

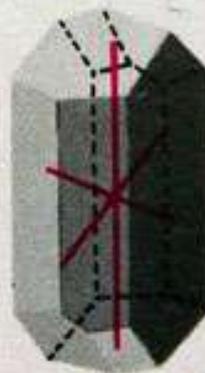


Prismas e
Clinopinacóide

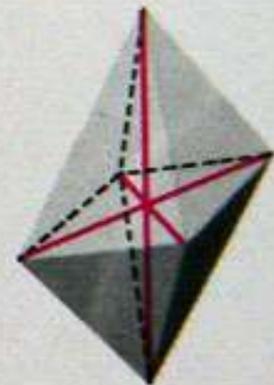
Sistema Triclínico



Pinacóides



Pinacóides



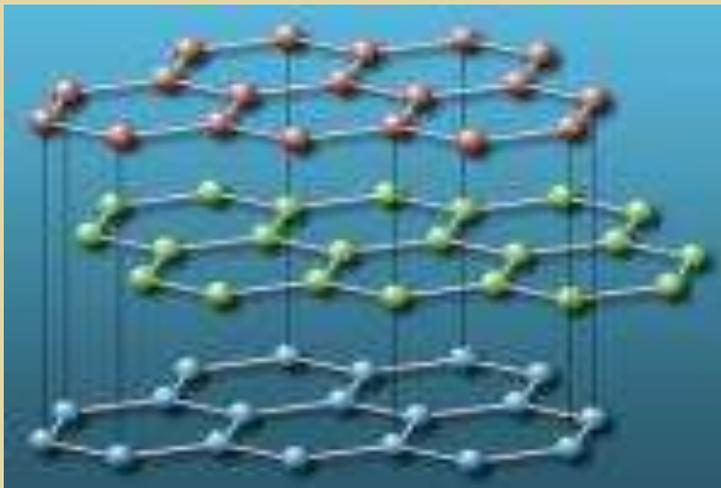
Pinacóides

Estrutura dos materiais reflete-se nas propriedades

Composição química - C



Grafita - estrutura cristalina cúbica

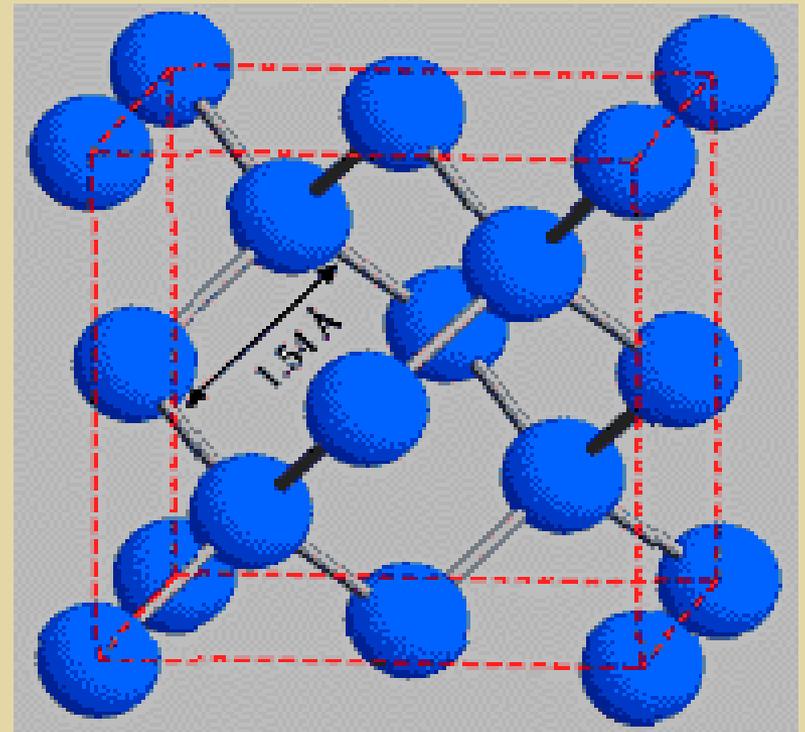


POLIMORFISMO

minerais com mais de uma forma cristalina

depende das condições de formação

Diamante - estrutura cristalina cúbica



Identificação dos minerais

As propriedades físicas mais óbvias e mais facilmente comparáveis são as mais utilizadas na identificação dos minerais.

Na maioria das vezes, essas **propriedades**, e a utilização de **tabelas** adequadas, são suficientes para uma correta **identificação**.

Técnicas mais avançadas: análises químicas, microscópio petrográfico, difração de raios X...



???

???



???

12 16:47

Propriedades físicas (s.s)

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

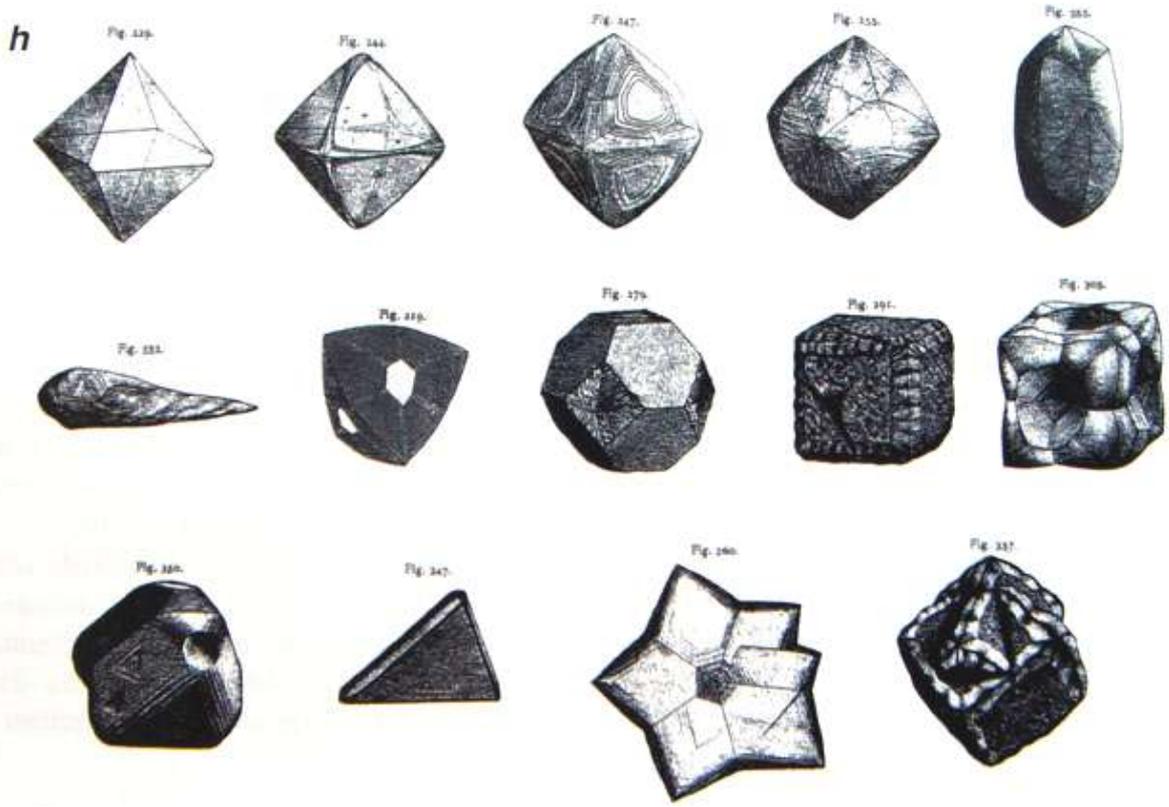
Hábito

O **formato** com que o mineral é encontrado pode ser útil na sua identificação e algumas vezes até diagnóstico. Está relacionado 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 (rubi e safira), anatásio |

Hábito

Formas variadas de diamantes de
várias procedências

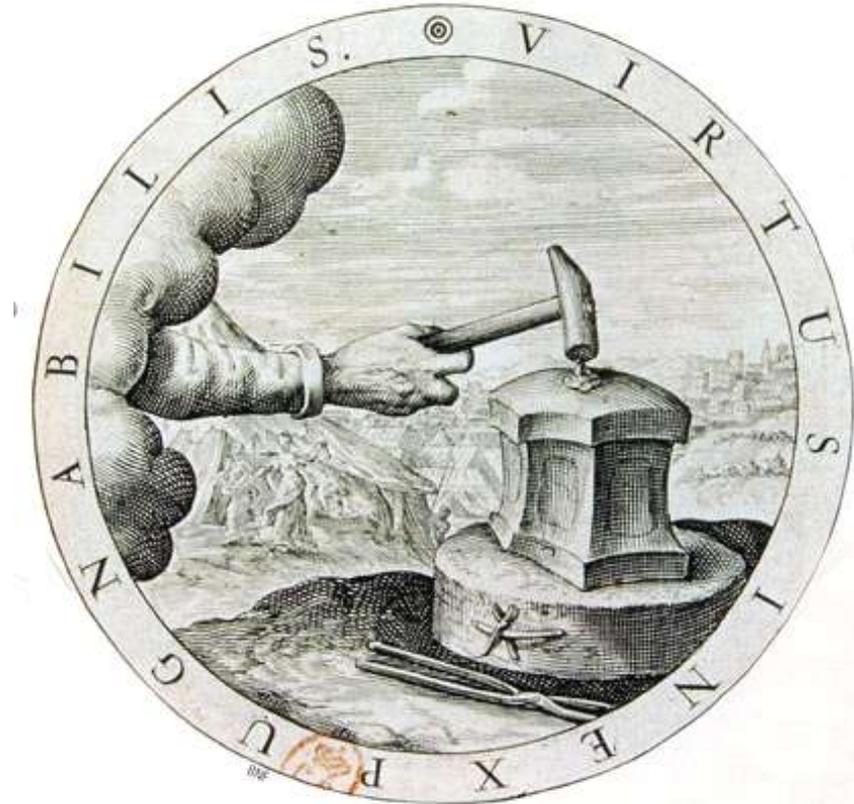


Tenacidade

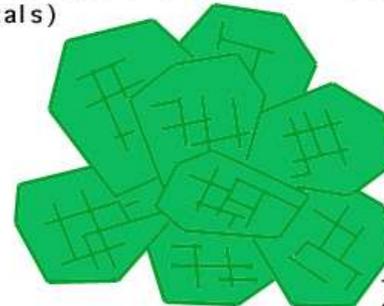
Resistência oferecida a esforços mecânicos ao ser rompido, esmagado ou dobrado.

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⁺⁺⁺

Tenacidade

A tenacidade permite um nível de escultura excepcional em alguns agregados minerais como a nefrita (jade) ou calcedônia (ágata)



Dureza

Resistência ao risco.

Capacidade de um mineral riscar ou ser riscado por outro

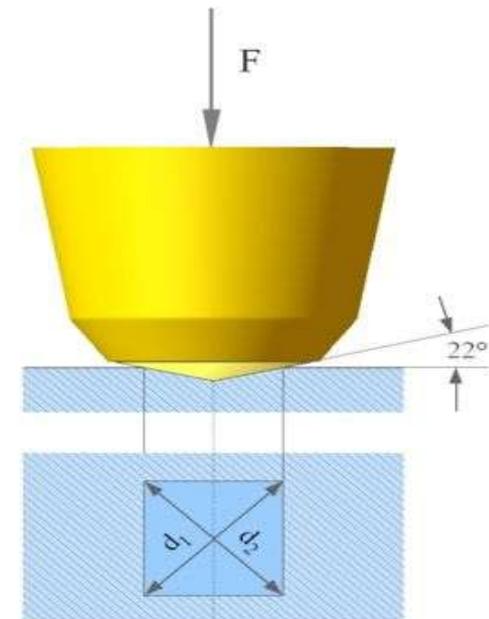
- Propriedade diretamente ligada à estrutura do cristal
- Aumenta com a densidade de empacotamento dos íons – diamante
- Aumenta com a diminuição do tamanho dos íons – calcita (3) e magnesita (4,5)



Dureza - escalas

| ESCALA DE MOHS | MINERAL | ESCALA DE ROSIHAL |
|----------------|------------|-------------------|
| 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.



MINERAIS DA ESCALA DE DUREZA DE MOHS

1 - Talco



2 - Gipsita



3 - Calcita



4 - Fluorita



5 - Apatita



6 - Ortoclásio



7 - Quartzo



8 - Topázio



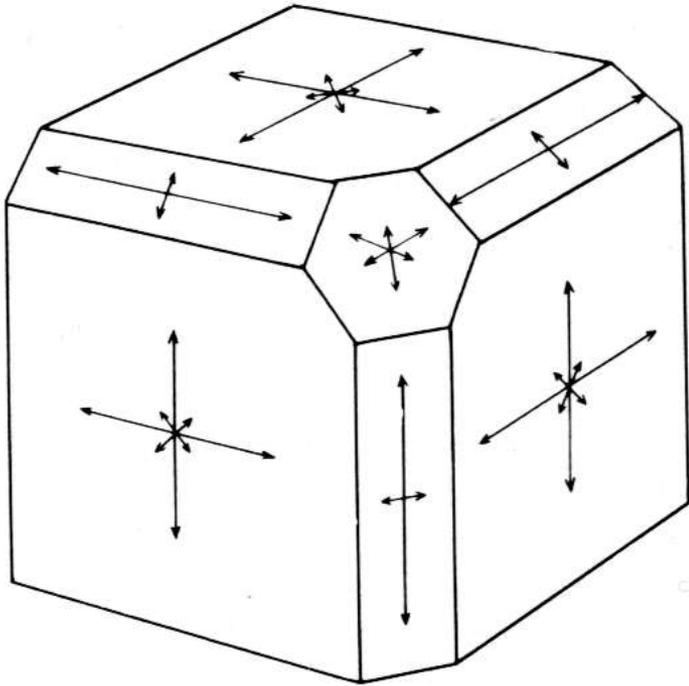
9 - Rubi e safira



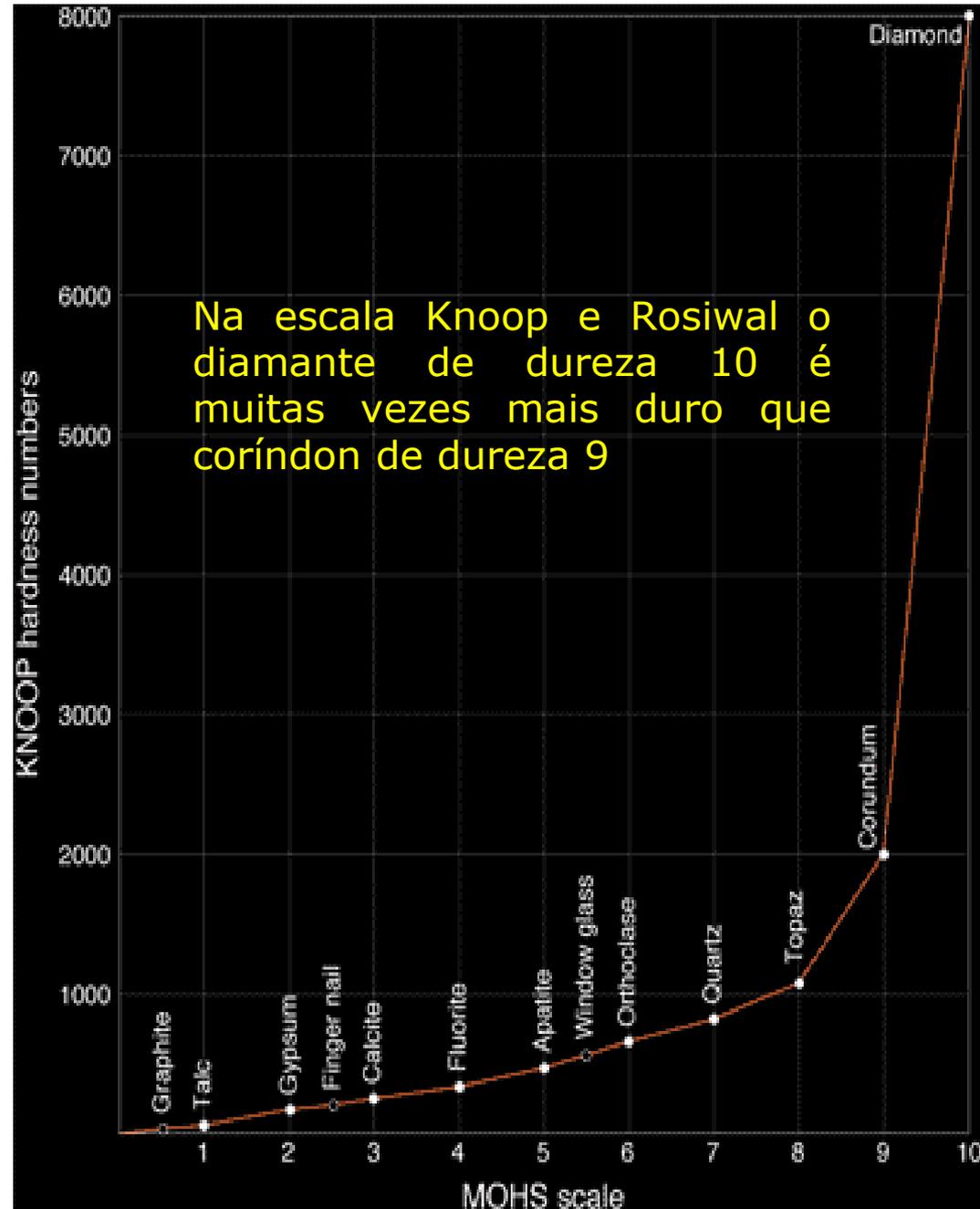
10 - Diamante



Dureza - anisotropia

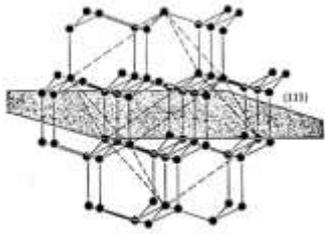


Propriedade vetorial - varia conforme certas direções nas faces dos cristais

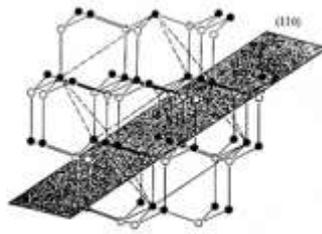


Clivagem

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



diamante C

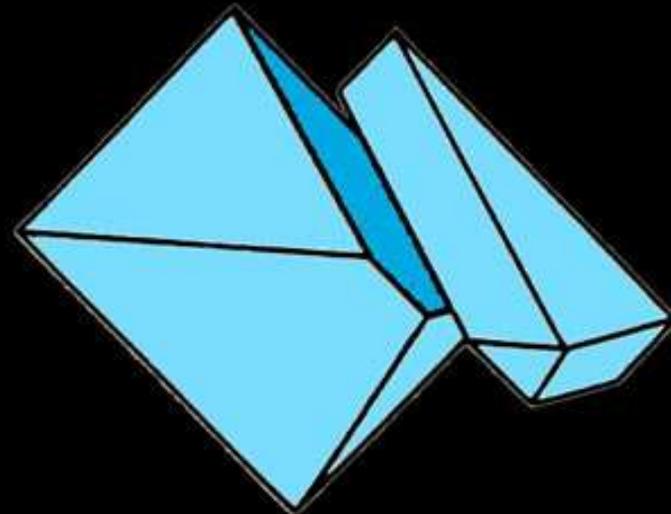


esfalerita ZnS

- 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



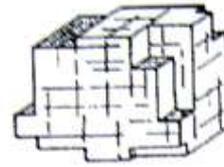
Clivar é uma das etapas na lapidação do diamante

Clivagem

- Perfeita
- Boa
- Ruim
- Ausente



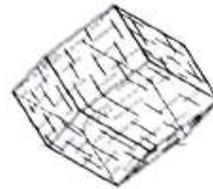
Clivagem em uma ou mais direções. Ex: feldspato em duas direções (boa e imperfeita) e galena 3 direções.



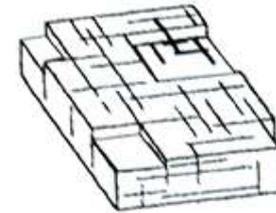
Cúbica



Octaédrica



Dodecaédrica



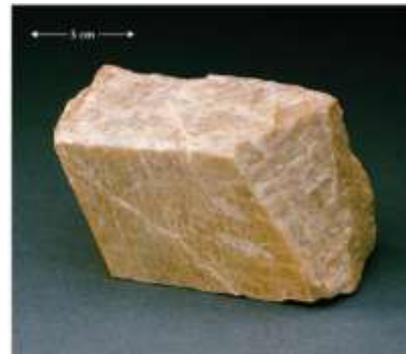
Romboédrica



Prismática



Pinacoidal



Clivagem

Fluorita: 4 direções, 8 faces octaédrica

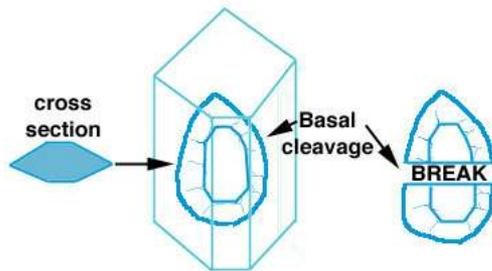


← 5 cm →

Calcita. 3 direções, 6 faces romboédrica



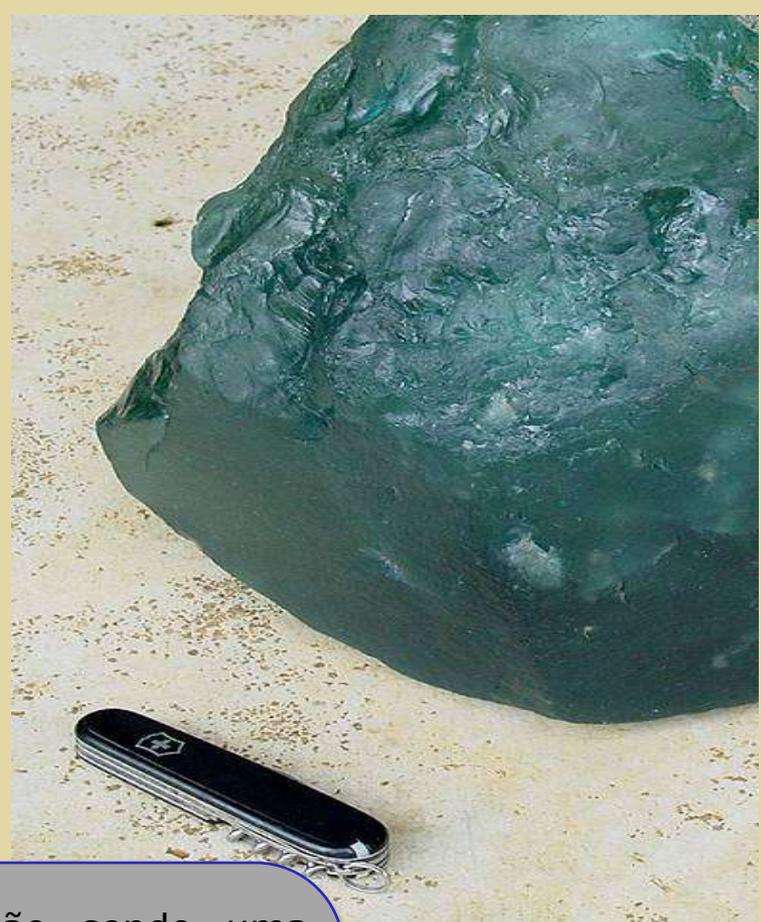
Halita . 3 direções, 6 faces, cúbica



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.

Fratura

é a maneira de 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).

Fratura



Exemplos de fraturas em obsidiana, quartzo e sílex. O lascamento de sílex e quartzo teve grande importância na evolução humana em fabricação de ferramentas.



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



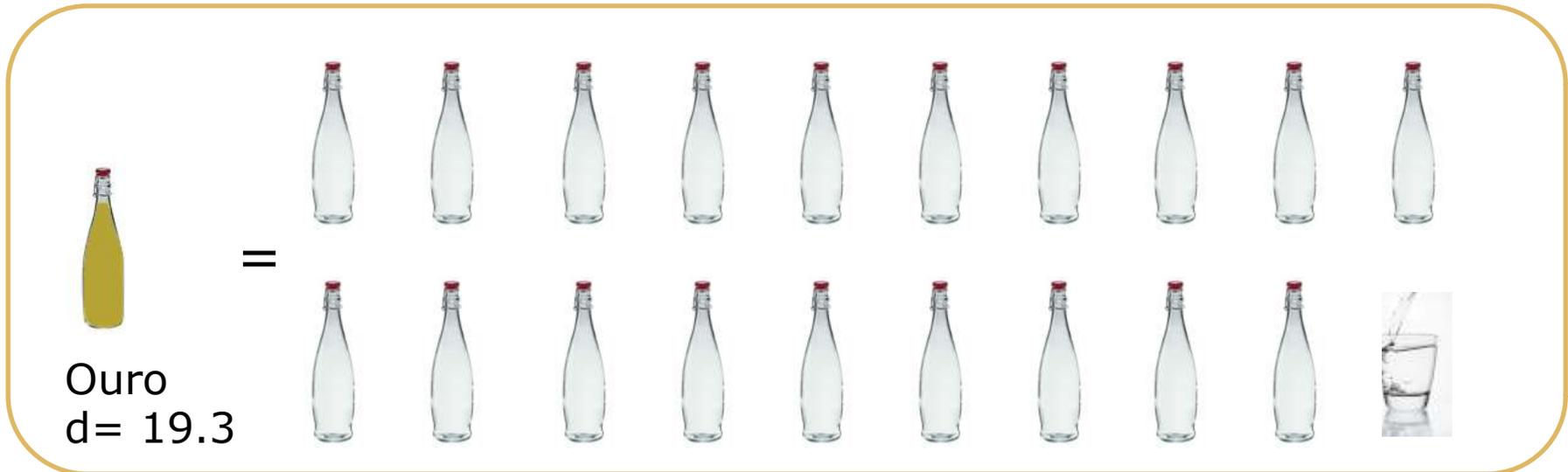
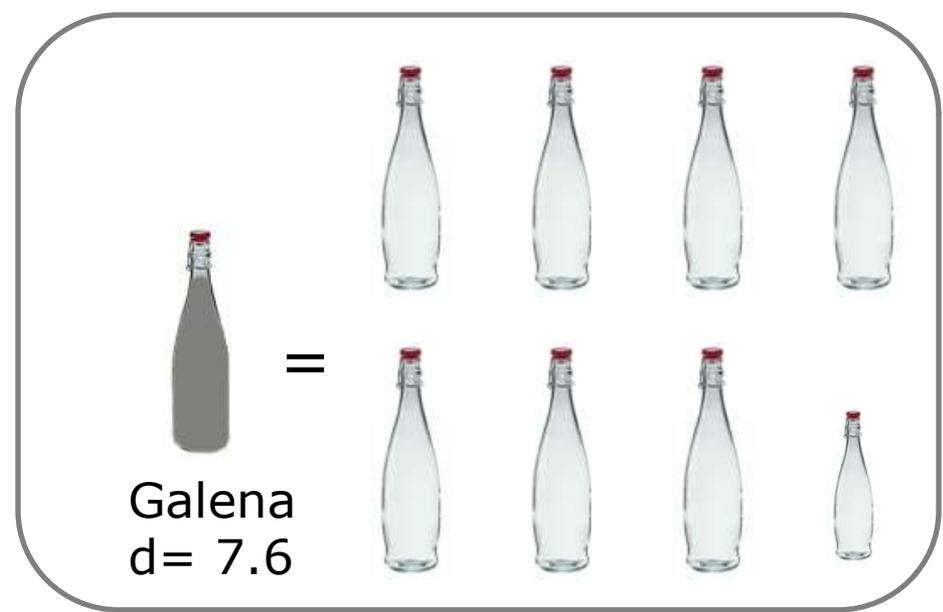
Macla polissintética em rubi do Cambodja

Densidade

Razão peso por volume.

É o número que expressa a razão entre o peso do mineral e o peso de um mesmo volume de água.

Indica quantas vezes um certo volume do mineral é mais pesado que o mesmo volume de água.



| 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 |

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

| | |
|-------------|-------------|
| 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 |

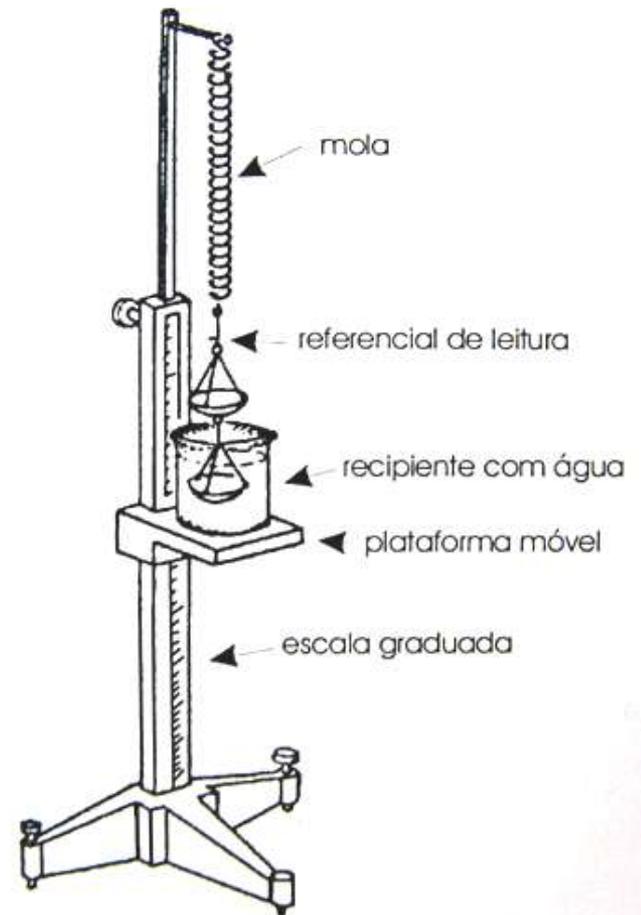
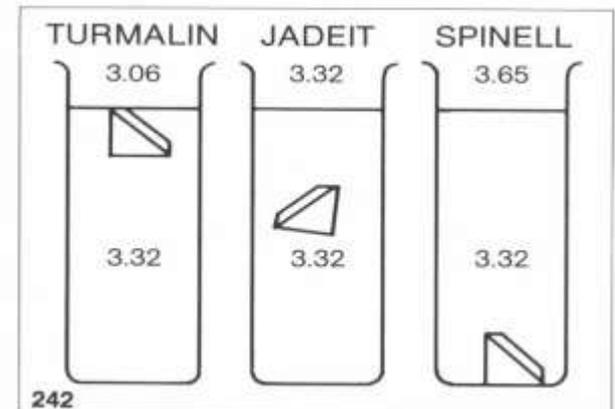
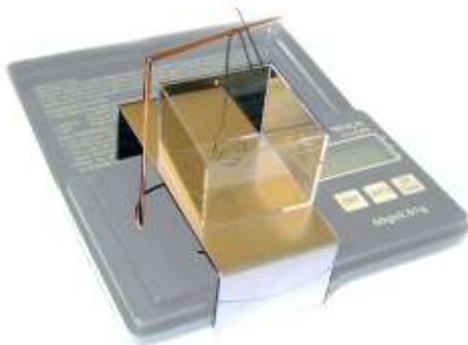


Figura 8 - Balança de Jolly.

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 |

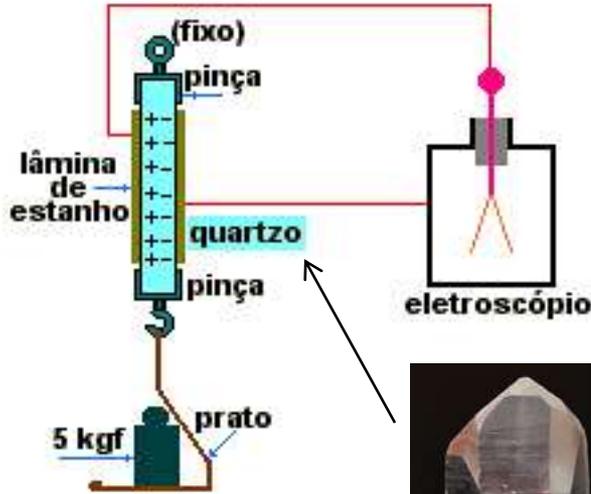
Topázio azul x Água marinha



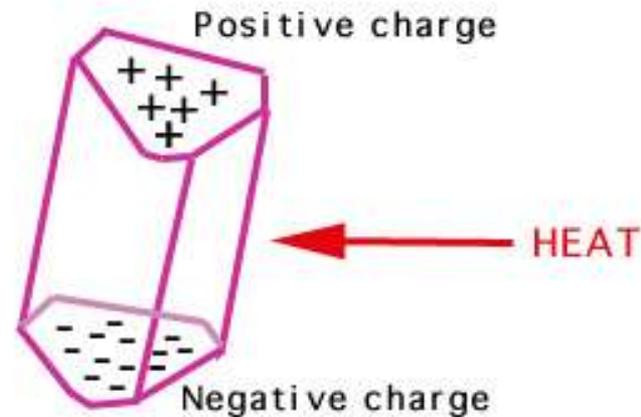
Propriedades elétricas

- Condutibilidade em alguns metálicos (cobre, prata...)
- Piezo- e piroeletricidade: só ocorrem em classes cristalinas sem um centro de simetria, tendo assim eixos polares (ex.: **quartzo e turmalina**, ambos trigonais)
- Condutibilidade elétrica pode acontecer em raros diamantes tipo II

Piezo- e piroeletricidade quartzo e turmalina



Pyroelectric property



A pista da boate do Sustainable Dance Club, em Roterdã, é um exemplo de aplicação da piezoelectricidade. No piso, placas de 65 x 65 cm se movimentam verticalmente sob os passos de dança e geram entre 5 e 10 w, dependendo do vigor do movimento. “A **energia alimenta as luzes e o som do local**, que ganham potência de acordo com as ações do público, estimulando a geração de mais energia”,

Magnetismo

- Magnetismo: atração por um campo magnético externo - susceptibilidade magnética - alinhamento dos *spins* - **minerais com Fe**

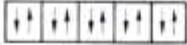
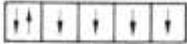
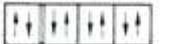
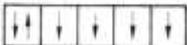
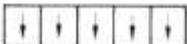
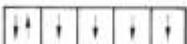
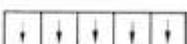
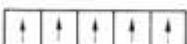
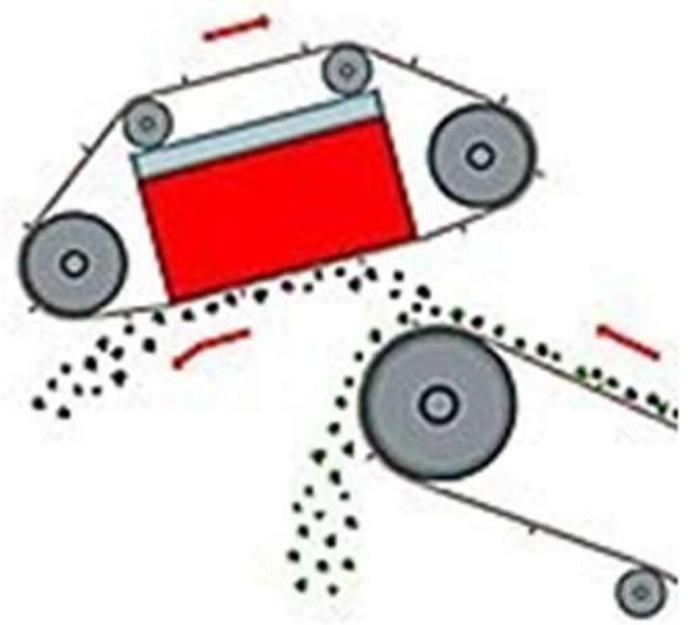
| | | |
|----------------------------|--|-------------------------|
| <i>diamagnetisch</i> | Cu^{+1}  | <i>Kupfer Cu</i> |
| <i>paramagnetisch</i> | Fe^{+2}  | } <i>Pyrit FeS2</i> |
| | S^{-2}  | |
| <i>ferromagnetisch</i> | Fe^{+2}  | <i>Kamazit Fe</i> |
| <i>antiferromagnetisch</i> | Fe^{+3}  | } <i>Hämatit Fe2O3</i> |
| | O^{-2}  | |
| | O^{-2}  | |
| <i>ferrimagnetisch</i> | Fe^{+2}  | } <i>Magnetit Fe3O4</i> |
| | Fe^{+3}  | |
| | O^{-2}  | |

Bild 2.83. Magnetische Struktur einiger charakteristischer Minerale [7]



Magnetita Fe_3O_4

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 | | 3×10^5 | 1.5×10^5 |
| | | | Magnetite | $10^5-1.6 \times 10^6$ | 5×10^5 |

Gemologia - Inclusões metálicas em diamantes sintéticos

Suscetibilidade magnética como critério de identificação

Pirrotita
(FeS)



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 |



Propriedades ópticas

- Importância na identificação de gemas, pois as análises não são destrutivas

- Cor
- Brilho
- Diafanidade
- Refração
- Birrefringência
- Pleocroísmo
- Dispersão
- Luminescência

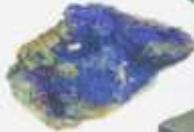


QUER VER ALGUNS MINERAIS QUE TÊM SEMPRE A MESMA COR?

malaquita verde



azurita azul



pirita amarelo dourado



ouro amarelo dourado



hematita cinza



crocoíta laranja



enxofre amarelo



E OS QUE VARIAM DE COR?

topázio azul, incolor, amarelo e vermelho



berilo verde, azul, amarelo, incolor, rosa



quartzo incolor, rosa, violeta, amarelo, castanho, verde



diamante incolor, verde, azul, rosa, vermelho



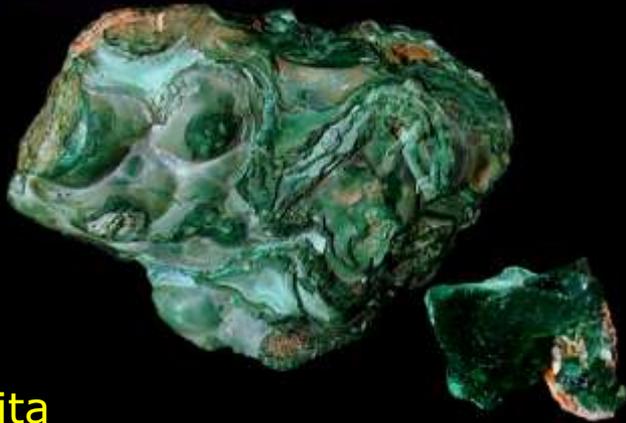
granada vermelho, laranja, rosa, verde



apatita azul, incolor, amarelo



Cor - idiocromáticos



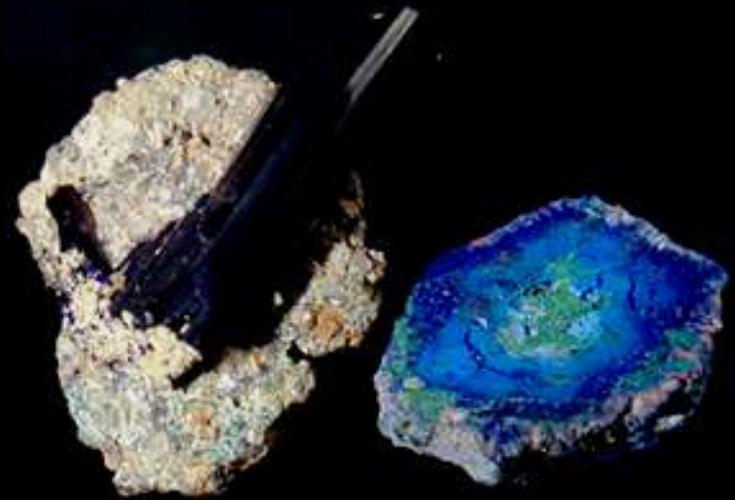
Malaquita



Rodocrosita



Enxofre



Azurita



Água marinha - Fe



Esmeralda - Cr

Cor - alocromáticos

Coríndon

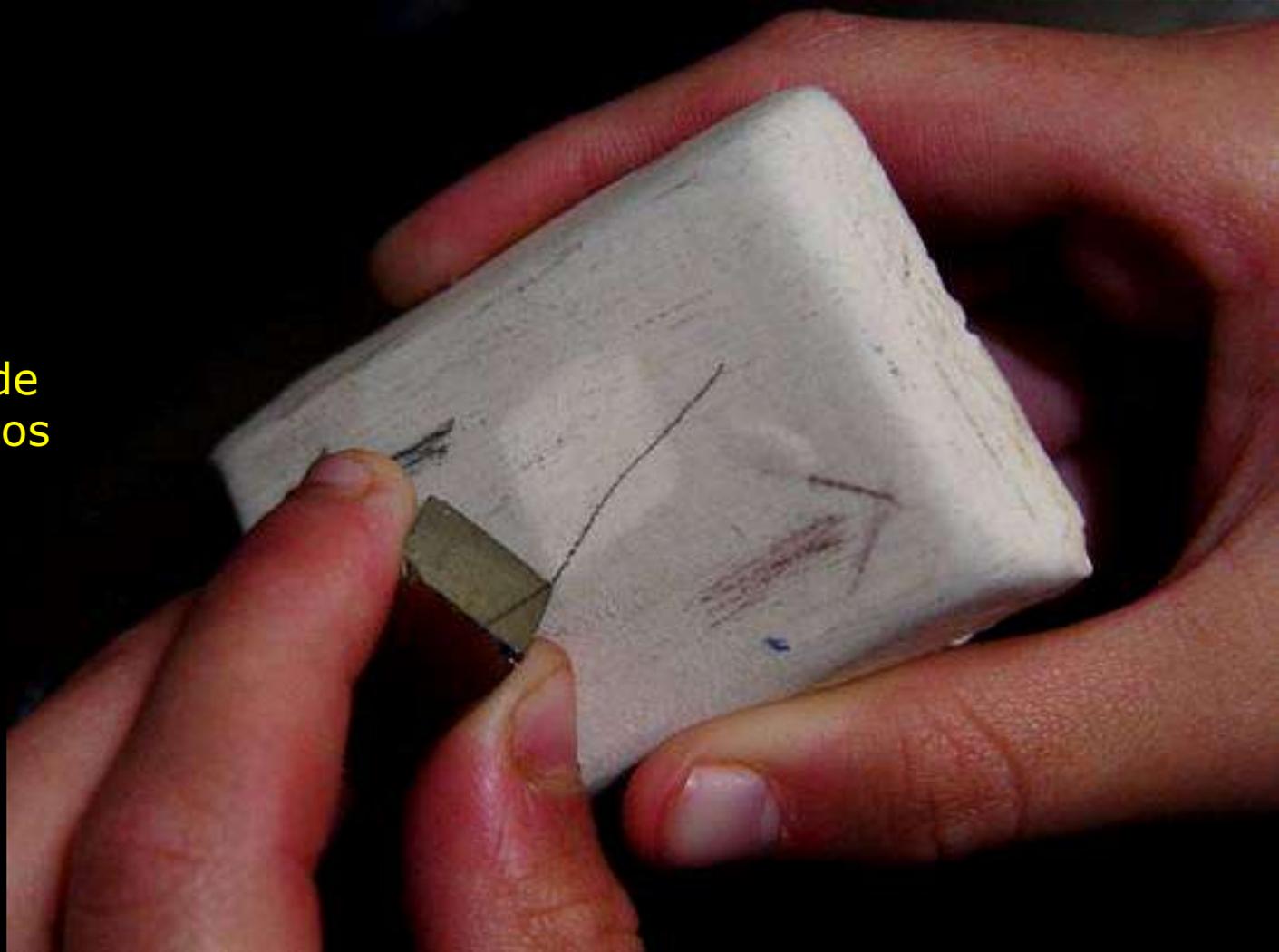
Rubi - Cr

Safira azul - Fe e Ti

Cor do traço

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

É útil para
identificação de
minerais opacos



Hematita

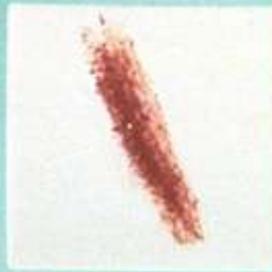


Figure 3.18 Streak of a Mineral Color contrast between hematite mineral specimen and a hematite streak. Massive hematite is opaque, has a metallic luster, and appears black. On a porcelain plate, hematite gives a red streak.



A pirita é dourada, mas o seu traço é preto, o que ajuda na identificação

| Mineral | Traço |
|----------|------------------|
| hematita | vermelho |
| pirita | preto |
| goethita | amarelo-castanho |
| calcita | branco |

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

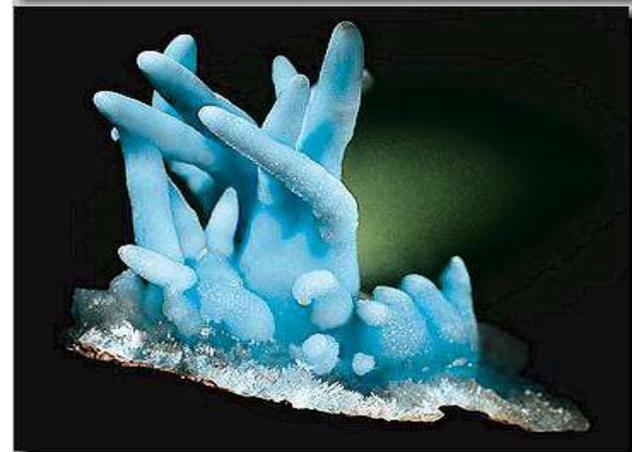
Brilho adamantino - diamante



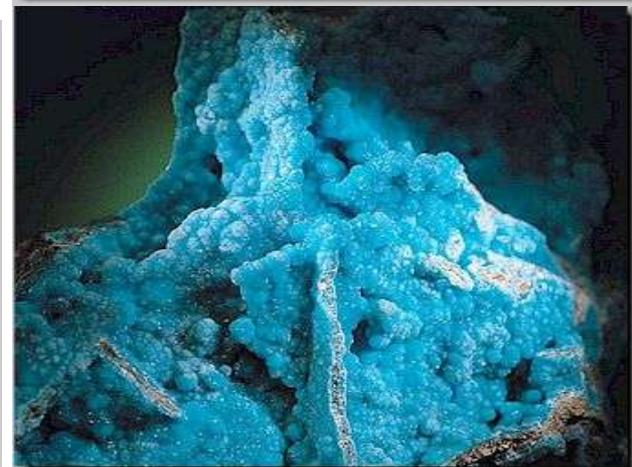
Propriedades excepcionais em minerais

- **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

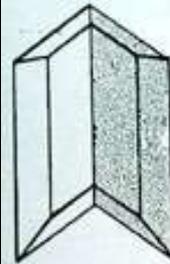




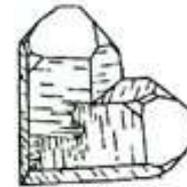
Agregados cristalinos



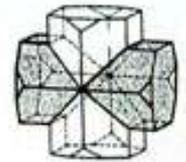
Geminações



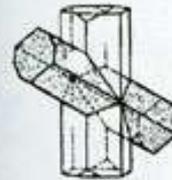
(a)



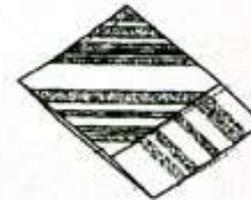
(b)



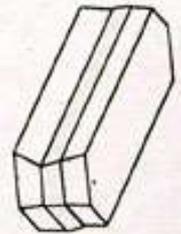
(c)



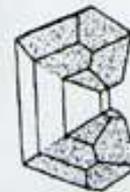
(d)



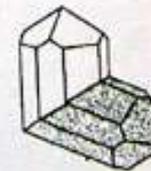
(e)



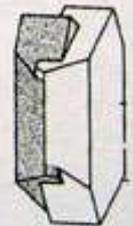
(f)



(g)



(h)



(i)