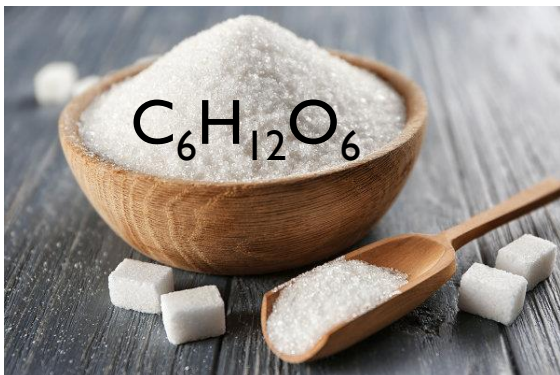




Geologia para Engenharia Ambiental

Mariana Consiglio Kasemodel
mariana.kasemodel@usp.br

- O que são minerais?
- Como eles são formados?
- Como classificar os minerais?
- Como identificar os minerais?



Orgânico x inorgânico



Fio de cobre

Metálico x não metálico



Coral

Lâmpada
de vidro



Vidro x mineral



Mineral x Rocha

Feldspato



Composição definida e única

Granito



Agregado de minerais
Granito: feldspatos, micas e quartzo

Minerais

Superfície
terrestre



Solo e
rochas

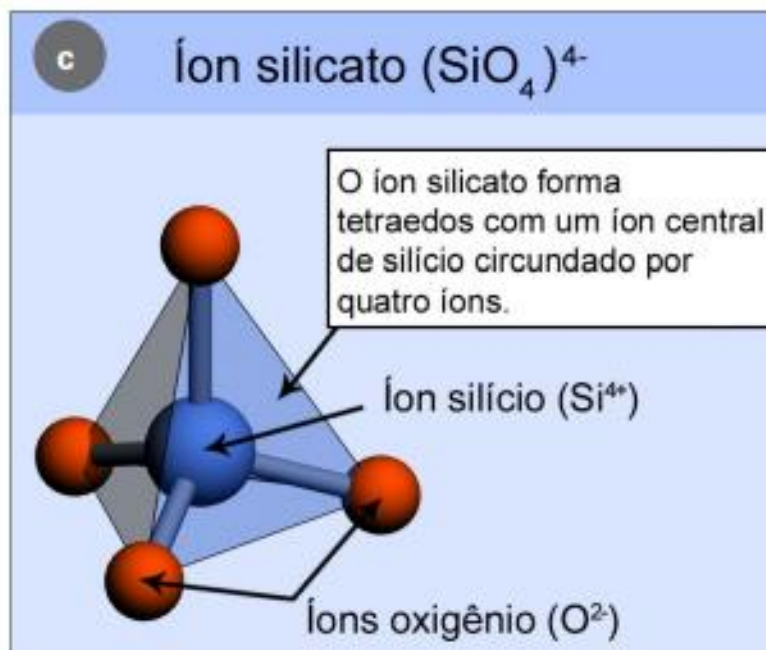
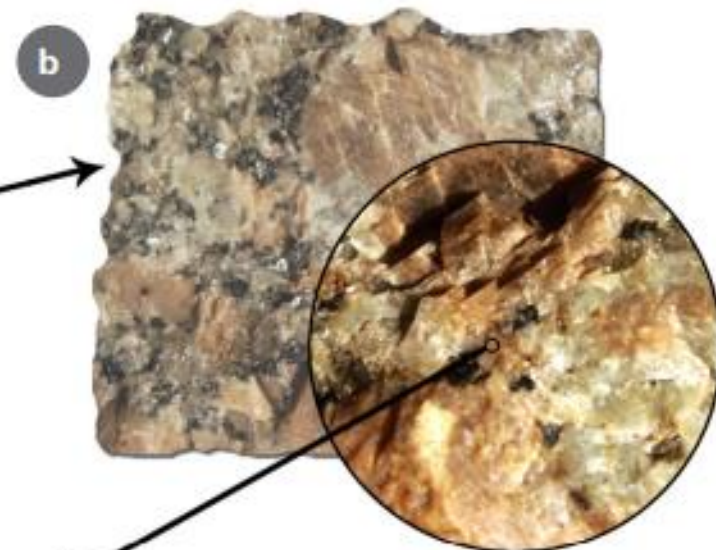


Associações
de minerais



Elemento	Símbolo	% do n° de átomos	Características
Oxigênio	O	60,2	Elemento mais abundante na crosta terrestre. Forma um íon grande com duas cargas negativas, que, associado com íons menores de carga positiva, constitui um grupo aniônico, o qual serve de base para a classificação da maioria dos minerais.
Silício	Si	20,3	Associado com o oxigênio, constitui o grupo atômico estrutural do grupo dos silicatos.
Alumínio	Al	6,2	Presente nos minerais como cátion individual ou como substituto de parte do silício em alguns silicatos (aluminossilicatos).
Hidrogênio	H	2,9	Com o oxigênio, forma o grupo hidroxila ((OH)-) e água (H ₂ O).
Sódio	Na	2,5	Abundante nos feldspatos. Responsável pela salinidade do oceano (NaCl).
Cálcio	Ca	1,9	Presente em quase todas as classes de minerais.
Ferro	Fe	1,9	Presente na maioria das classes de minerais.
Magnésio	Mg	1,8	Abundante nos silicatos, com o ferro forma os silicatos ferromagnesianos.
Potássio	K	1,3	Átomo grande comum em feldspatos e micas.
Titânio	Ti	0,2	Existe principalmente em forma de óxidos.

Fonte: UNIVESP



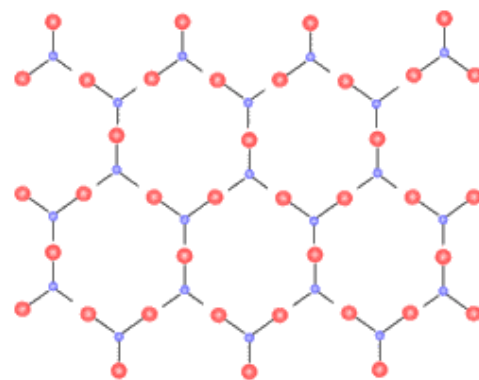
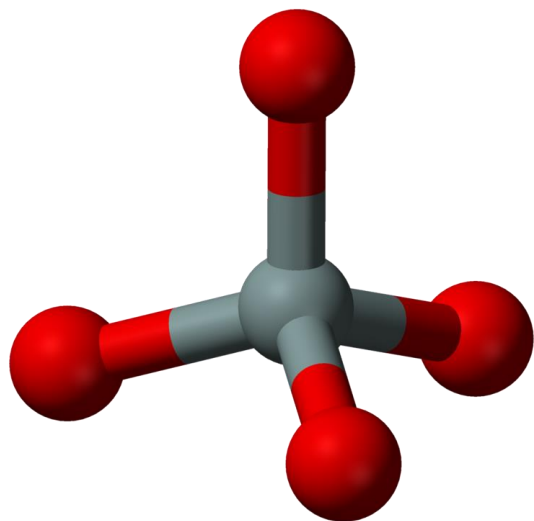
Mas afinal, o que são minerais?

Elementos ou compostos **naturais**

Composição química bem definida

Sólidos **cristalinos**

Formados por processos geológicos
inorgânicos



● Oxygen
● Silicium

Forma geométrica externa!



Quartzo
 SiO_2



- **Natureza**

Minerais

Ocorrem espontaneamente na natureza



Rubi



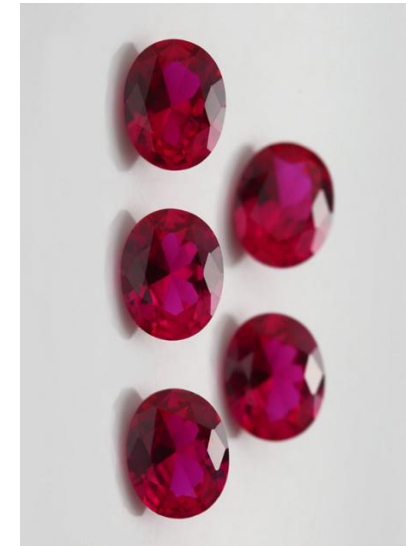
Diamante



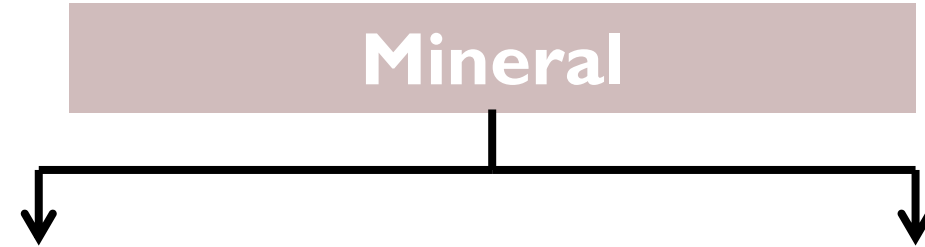
Minerais Artificiais

Produzidos pelo Homem

NÃO são minerais



- **Composição**



Um elemento químico



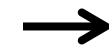
Diamante



Carbono



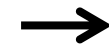
Enxofre



Enxofre



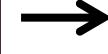
Ouro



Ouro

Compostos químicos

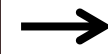
Quartzo



SiO_2



Muscovita



$\text{KAl}_2\text{O}_{10}$
(OH, F)₂



Galena



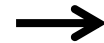
PbS



- **Cristalização**

Arranjo atômico interno tridimensional

Retículo cristalino

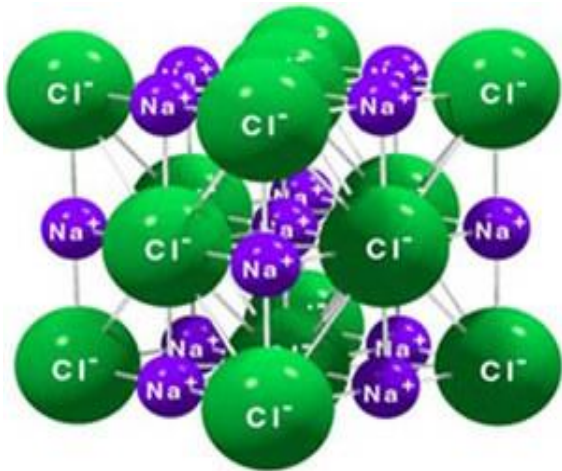


**Repetição da unidade atômica
ou iônica fundamental**

Cela unitária



**Propriedades físico-químicas do
mineral**



**Arranjo espacial dos íons de Na^+ e
 Cl^- no composto Halita (NaCl)**

Cristalização

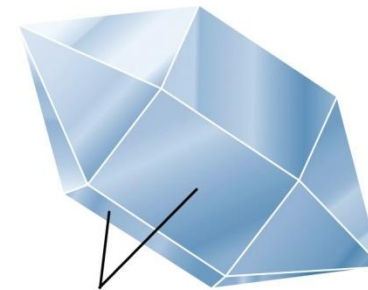
Crescimento lento e estável

Cristais com faces bem definidas

Crescimento rápido ou limitação de espaço

Cristais crescem uns sobre os outros

- a) A partir de **uma solução** (ex: evaporação)
- b) A partir de **uma fusão** (ex: magma)
- c) A partir de **vapores** (ex: cristais de neve ou outros, formados em exalações vulcânicas)
- d) Por **recristalização** (ex: processos metamórficos, quando um mineral se transforma em outro, sem deixar o estado sólido)



Crystal faces

A perfect quartz crystal



A natural quartz crystal



Vulcão Dallol (Etiópia)



**Precipitações de
sais de enxofre
(amarelo) e
potássio**



Fonte: [Photovolcanica](https://www.photovolcanica.com)



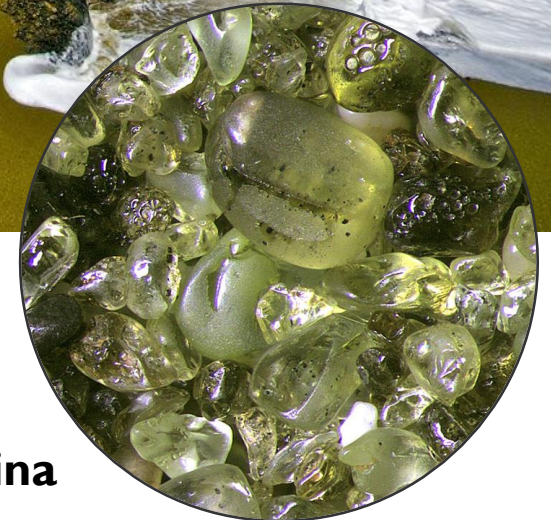
Extração de halita



Vulcão Kilauea (Havaí)



Papakolea Beach



Olivina

Cristais perfeitos são raros

Normalmente



Joias



Massas irregulares

Situações especiais

Mercurio

Vidros, géis e carvão natural

**Único mineral
líquido**

**Sólidos amorfos
não são minerais!**



- **Processos inorgânicos**

Impede que substâncias biogênicas sejam minerais



NÃO são minerais





Como estudar os minerais?

**Existem mais de 4000
minerais!**

Mineralogia é a ciência que
estuda os minerais

- Composição
- Estrutura
- Aparência
- Estabilidade
- Associações de minerais
- Origem e formação
- Usos e aplicações



Classificação

Depende da sua composição química



Grupos



**Não
silicatos**

Classe	Ânions definidores	Exemplo
Elementos nativos	Nenhum: sem íons carregados	Cobre metálico (Cu)
Óxidos	Íon oxigênio (O^{2-})	Hematita (Fe_2O_3)
Haletos	Cloreto (Cl^-), fluoreto (F^-), brometo (Br^-), iodeto (I^-)	Halita (NaCl)
Carbonatos	Íon carbonato (CO_3^{2-})	Calcita ($CaCO_3$)
Sulfatos	Íon sulfato (SO_4^{2-})	Anidrita ($CaSO_4$)
Sulfetos	Íon sulfeto (S^{2-})	Pirita (FeS_2)
Silicatos	Íon silicato (SiO_4^{4-})	Olivina $(Mg, Fe)_2SiO_4$

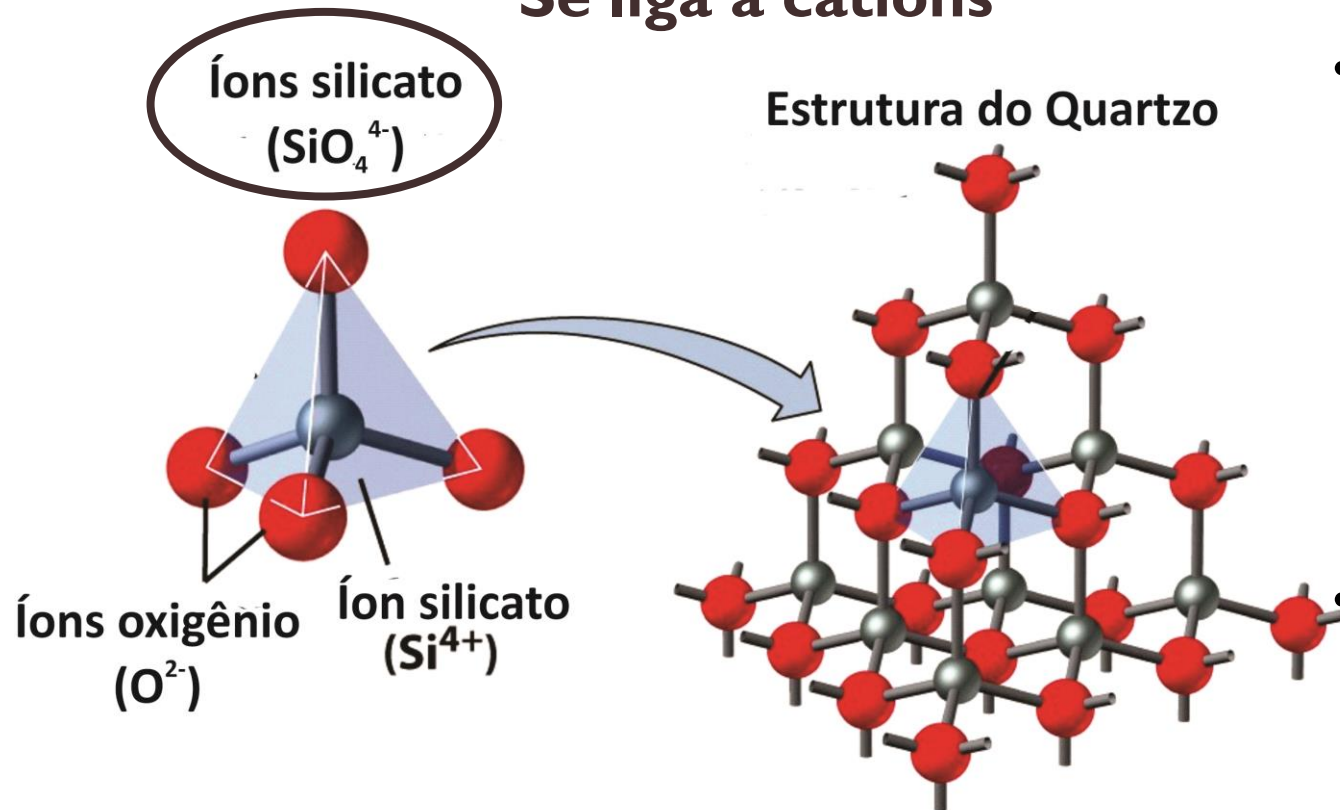
Milhares de
minerais existentes

Cerca de 30 são formadores
das rochas

Grupo dos Silicatos

Mais abundantes na crosta terrestre

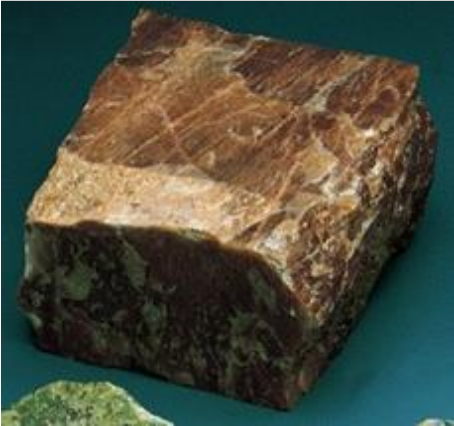
Se liga à cátions



- Ânion principal $[\text{SiO}_4]^{4-}$ e suas derivações (Si_2O_7 , Si_3O_9 , Si_4O_{12} , Si_6O_{18} , Si_2O_6 , Si_4O_{11} , Si_2O_5 e SiO_2) ligado a metais, outros ânions, íons complementares e água.
 - Correspondem a 95% do volume da crosta terrestre e 90% dos minerais pertencem a este grupo
 - 59,5% - feldspatos
 - 16,8% - anfibólios e piroxênios
 - 12% - quartzo
 - 3,8% - micas
 - 7,9% - outros
- São raras as rochas magmáticas, metamórficas e sedimentares que não possuem como minerais essenciais silicatos.

- **Grupo dos Silicatos**

Feldspato



Ortoclásio
 KAlSi_3O_8



Plagioclásio
 $(\text{Ca}, \text{Na})\text{AlSi}_3\text{O}_8$

Anfibólio -
 $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$



Quartzo - SiO_2



- **Grupo dos Silicatos**

Micas



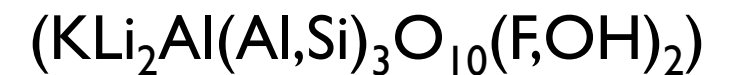
Muscovita



Biotita



Lepidolita



- **Grupo dos Silicatos**



Olivina
 $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$

Cianita
 Al_2SiO_5



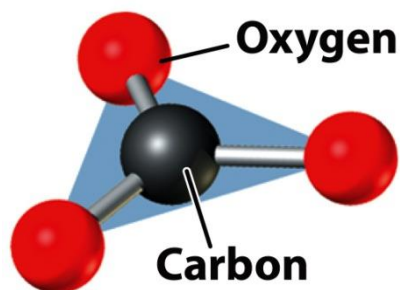
Argilominerais (caulinita,
bentonita, etc)

Grupo dos Carbonatos

Principal constituinte de rochas sedimentares como calcário e o dolomito – utilizados na fabricação de cimento.

Papel importante no ciclo do carbono (constituintes de conchas e fósseis)

Carbonate ion (CO_3^{2-})



Constituinte básico:
 CO_3^{2-}



Calcita
 CaCO_3

Um dos mais abundantes
Principal constituinte dos calcários (rocha)



Dolomita
 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

Grupo dos Óxidos

Oxigênio

+

Átomos ou cátions
de outros elementos

Ex: Fe^{2+} ou Fe^{3+}

Inclui os minérios da maioria dos metais

Principal
minério de
Ferro



Hematita
 Fe_2O_3



Magnetita
 Fe_3O_4

Fortemente
magnética

Grupo dos Sulfetos

Íon sulfeto (S^{2-}) + Cátions metálicos



Pirita
 FeS_2

Sulfeto mais comum,
Ouro de Tolo

Grupo dos Sulfatos

Íon sulfato (SO_4^{2-})



Gipsita
 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Se forma com a precipitação da água do mar que é rica em Ca^{2+} e SO_4^{2-} . Utilizada na fabricação de gesso.



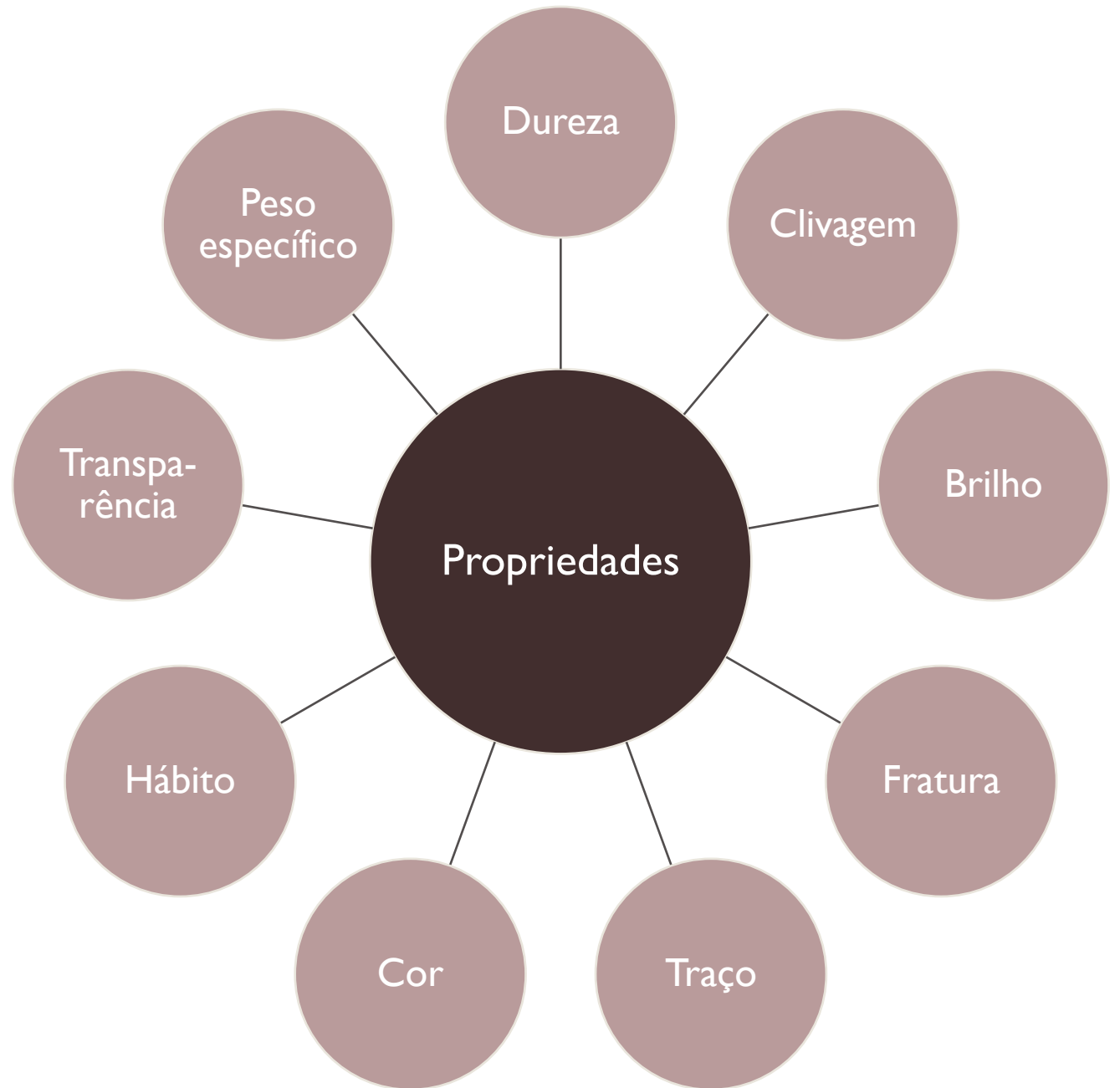
Anidrita
 CaSO_4

Identificação dos minerais

Propriedades físicas

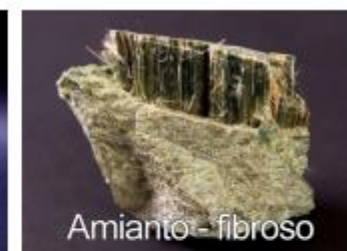
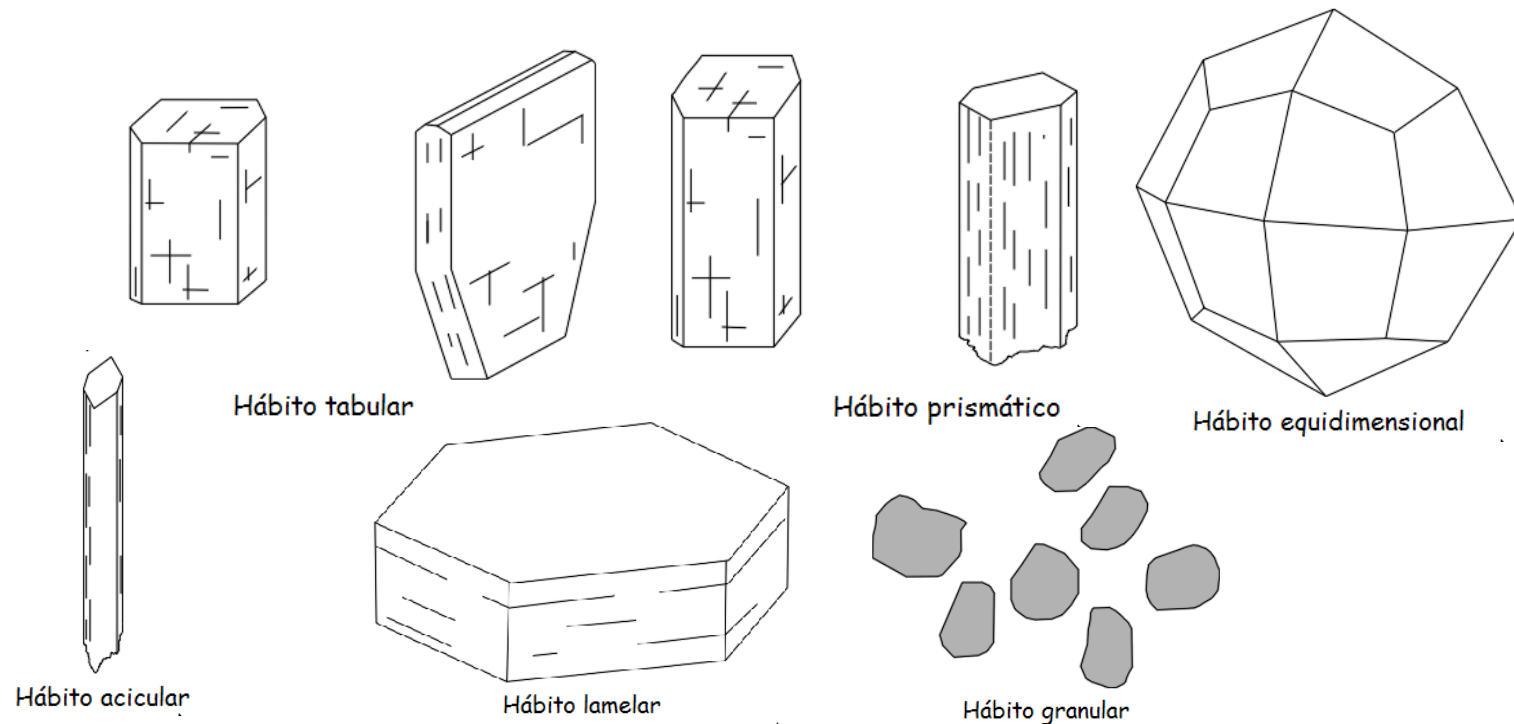


As propriedades físicas dos minerais dependem de sua composição química e estrutura cristalina



• Hábito

- Forma como os cristais do mineral crescem;
- Formato geométrico característico que um mineral apresenta;
- Nem todos os minerais apresentam um hábito característico que permite utilizá-lo como critério de classificação (exceto a mica – somente minerais deste grupo são lamelares)



Fonte: UNIVESP

Alguns minerais tem hábitos muito distintos... ajuda na identificação

Exemplos:

Quartzo



Coluna de 6 lados que culmina em um conjunto de faces em forma de pirâmide

Cristolito



Os cristais são múltiplas fibras, longas e estreitas. Denominam-se asbestos.

• Cor

- Conferida pela luz refletida ou transmitida pelos minerais;
- Pode ser ambíguo na identificação de minerais (elementos essenciais x impurezas);
- Alguns minerais possuem cores características (malaquita, azurita, rodocrosita);
- Cor constante ou variável

Minerais Idiocromáticos

Cor constante



Verde para a malaquita



Cinzentos para a galena

Amarelo latão para a pirita



Minerais Alocromáticos

Cor variável

Quartzo: incolor, branco, róseo, violeta, amarelo ou negro.



• Brilho

- Modo como a superfície reflete a luz (superfícies irregulares e regulares);
- Metálico e não metálico;
- Controlado pelos átomos e tipos de ligações



Pirita – FeS₂



Gipsita

Brilho	Características
Metálico	Reflexões fortes produzidas por substâncias opacas
Vítreo	Brilhante como o vidro
Resinoso	Característicos das resinas, como o âmbar
Graxo	Como se estivesse recoberto por uma substância oleosa
Nacarado	É a iridescência esbranquiçada de alguns materiais como a pérola
Sedoso	O lustro dos materiais fibrosos, como a seda
Adamantino	O brilho intenso do diamante e de minerais parecidos

Brilho metálico

Minerais opacos ou quase opacos

Aparência brilhante como um metal polido

Superfícies bastante refletoras



Arsenopirita - FeAsS



Cobre Nativo



Pirita – FeS_2

Brilho vítreo

Característico de minerais translúcidos

Aparência do brilho do vidro



Azurita



Turmalina



Quartzo

Brilho resinoso

Característico de minerais translúcidos com aparência de resina



Enxofre

Brilho graxo ou gorduroso

Com aparência do brilho do óleo



Halita



Gipsita

Brilho nacarado

Com aparência de pérola



Dolomita



Lepidolita

- **Transparência**

- Capacidade do mineral em deixar a luz passar,
- Classificações: transparente, translúcido e opaco



- **Traço**

- Cor do mineral reduzido a pó quando raspado sobre uma superfície abrasiva (porcelana)
- A cor do traço de um mineral não coincide sempre com a sua cor
- Diferentes variedades da mesma espécie mineral exibem sempre o traço com a mesma cor

Ex: Hematita

Pode ser preta, vermelha, marrom

Traço sempre é castanho avermelhado



Só aplicável para minerais de dureza menor do que a da porcelana

• Clivagem

- Tendência do mineral em se partir em superfícies planas;
- Padrão geométrico produzido pela queda

Ligações fortes



Clivagens imperfeitas

Ligações fracas



Clivagens perfeitas ou boas



Classificação da Clivagem

Número de planos



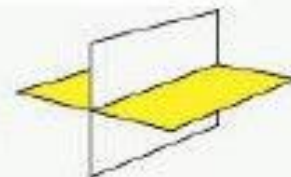
Número de planos
de clivagem



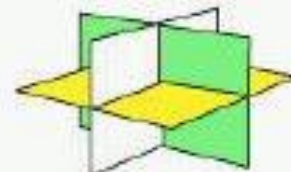
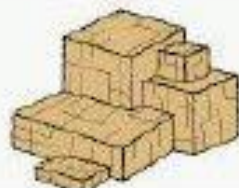
Clivagem ocorre
apenas em planos de
ligações fracas



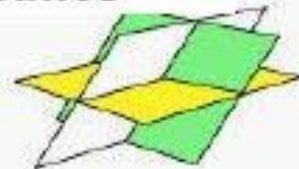
Clivagem num plano - **Moscovite**



Clivagem em 2 planos - **Feldspato**



Clivagem em 3 planos - **Halite**



Clivagem em 3 planos - **Calcite**

Qualidade



Perfeita

Excelente

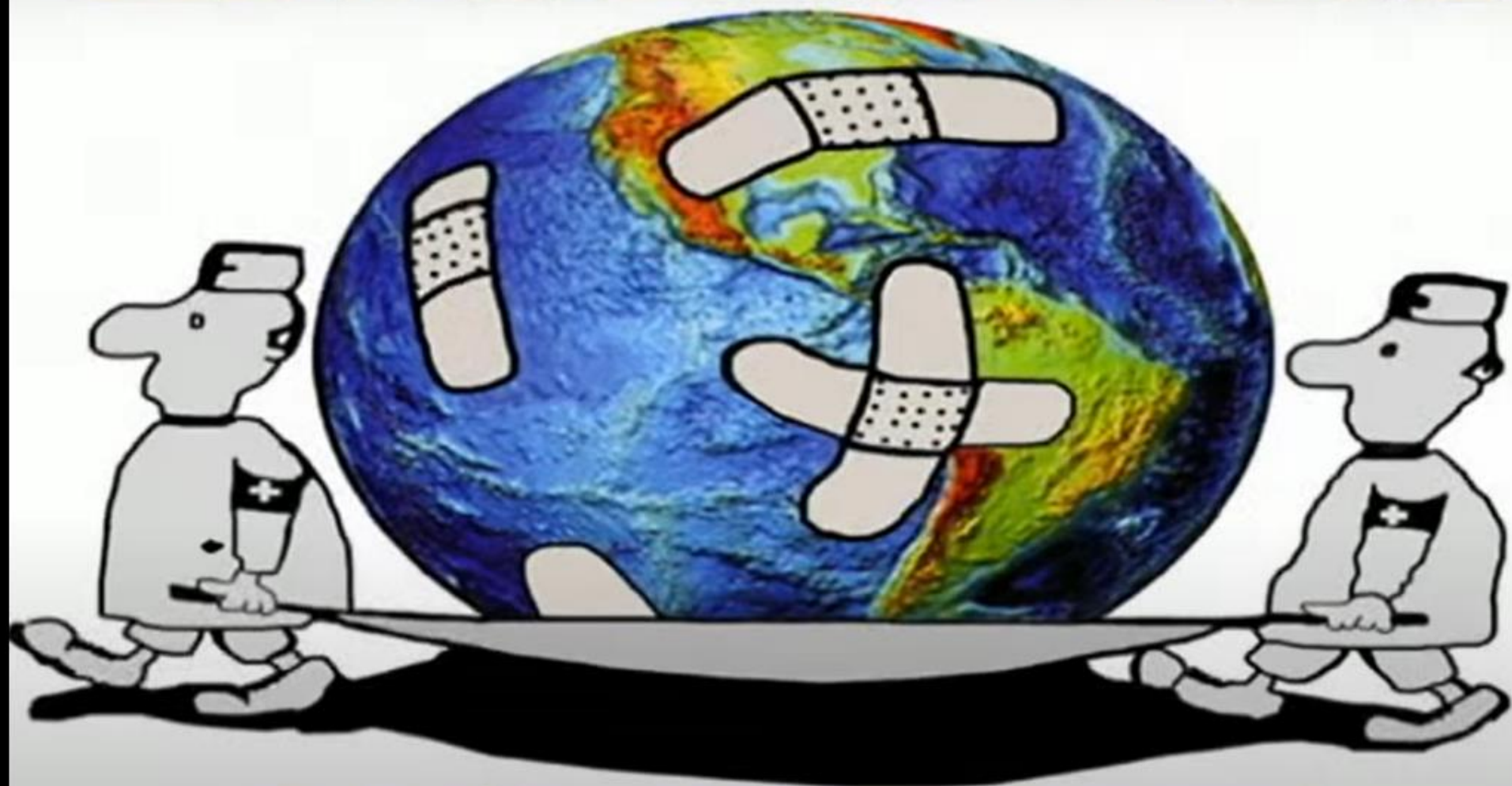
Boa

Regular

Ruim

Inexistente

LAGEOILAM



LABORATÓRIO DE GEOLOGIA AMBIENTAL

UFSM



0:01 / 1:11

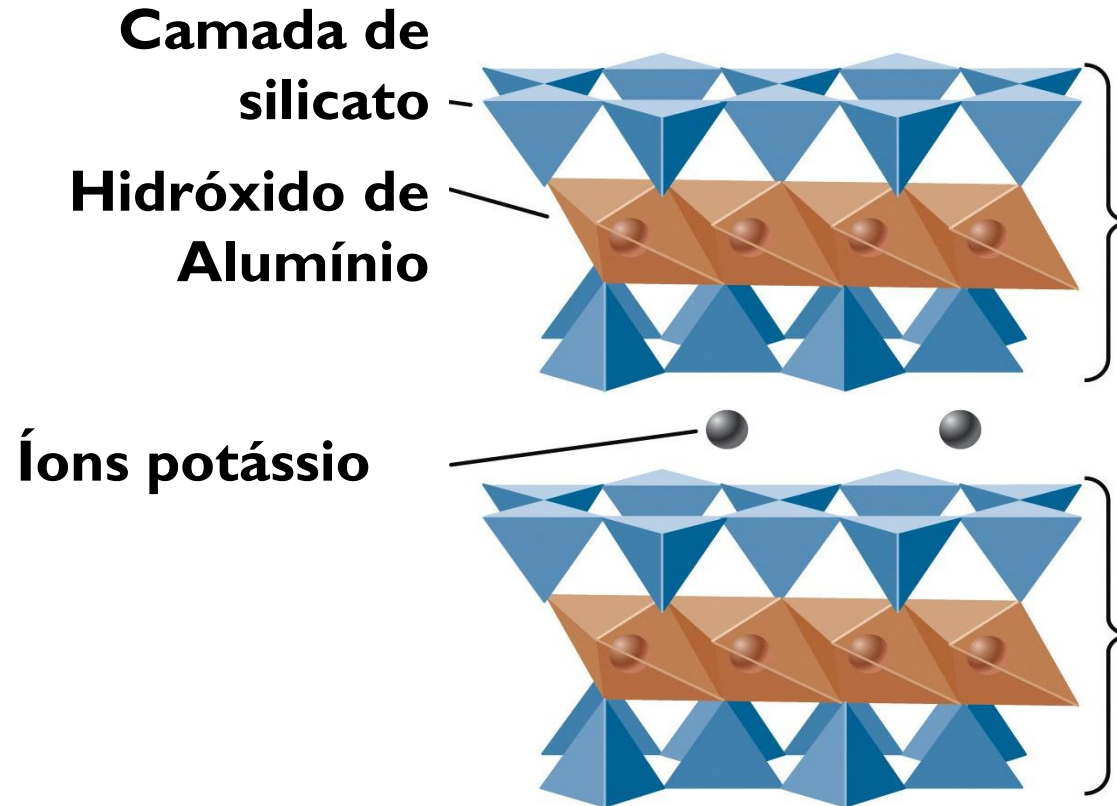
Role para ver detalhes



Número de Planos de Clivagem

Exemplo: Muscovita

1 Plano



“Sanduíche”

A clivagem das micas ocorre entre as camadas dos “sanduíches”

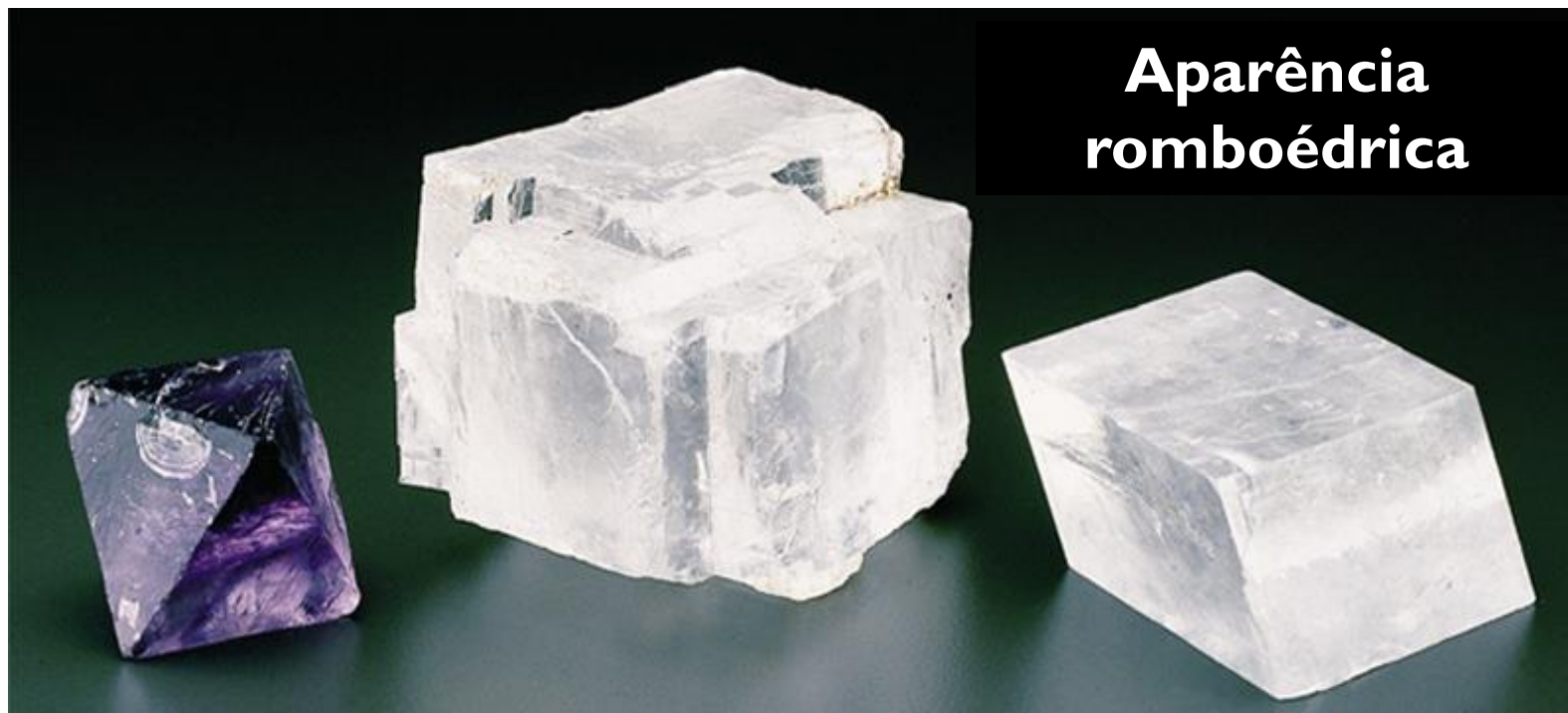
“Sanduíche”



Número de Planos de Clivagem

Exemplo: Fluorita, Halita e Calcita

3 Planos



Qualidade da Clivagem



Muscovita

Clivagem Perfeita

Facilmente clivada

Superfícies de clivagem lisas e de extrema qualidade



Piroxênio



Anfibólio

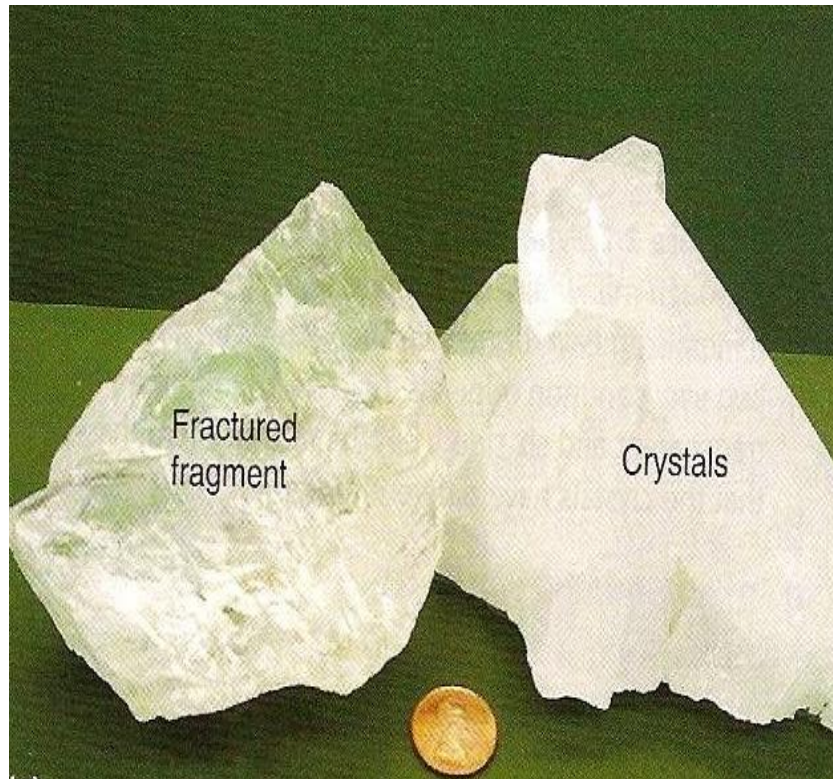
Clivagens Boas

Qualidade da Clivagem

Minerais de ligações fortes



Não possuem clivagem regular



Quartzo

Ligações fortes em todas as
direções

Não possui clivagem

Comum nos silicatos

- **Fratura**

Tendência dos minerais em quebrar-se em superfícies irregulares

Forma e
aparência da
fratura



Estrutura e
composição do
mineral



**Fratura
Conchoidal ou
concoidal**

Superfície lisa e
encurvada

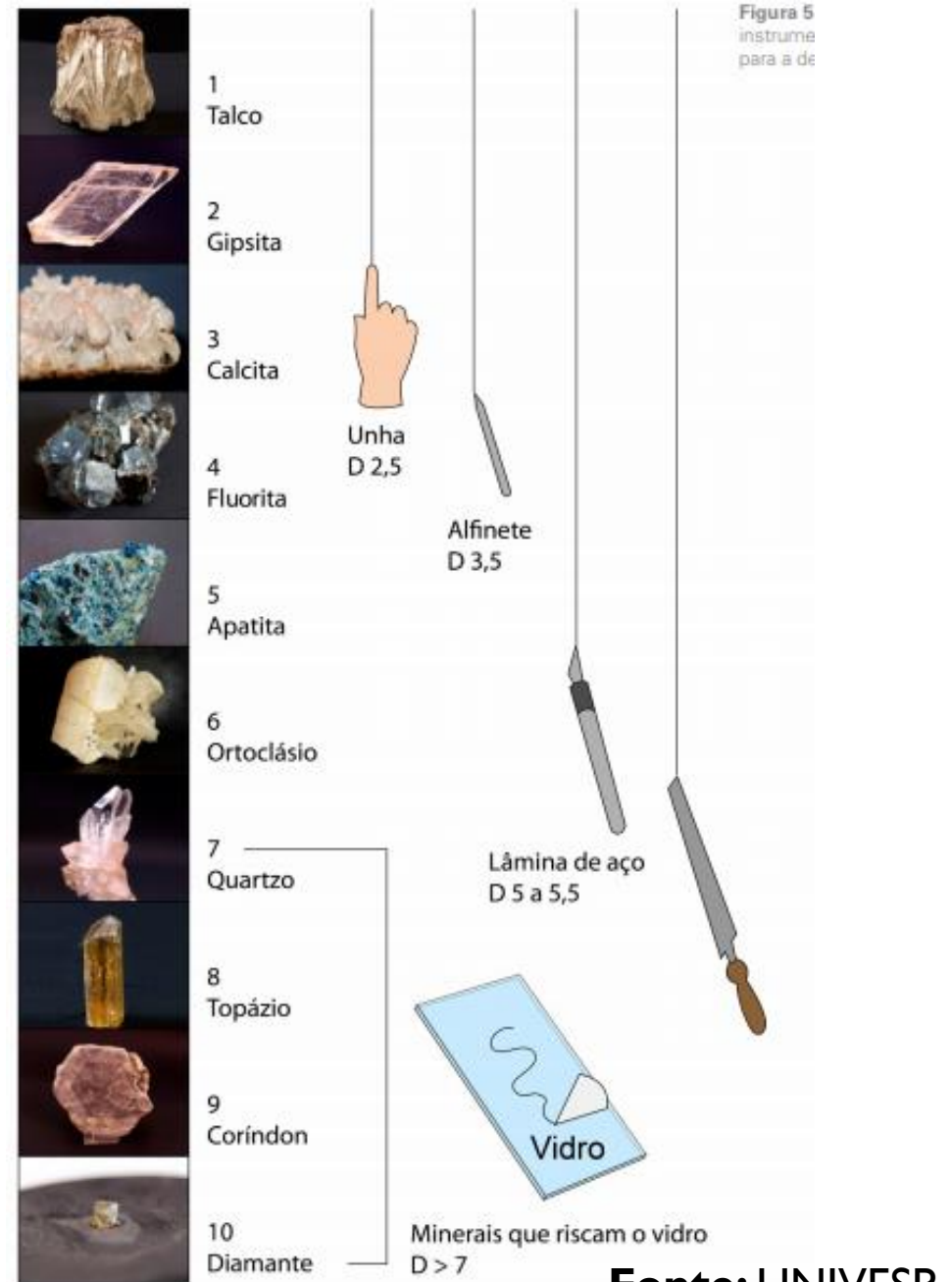


Quartzo

As superfícies de fratura não
se repetem paralelamente

• Dureza

- Resistência que o mineral apresenta ao ser riscado (resistência a abrasão);
- É condicionada pela estrutura e pelo tipo de ligações entre as partículas e, por isso, pode variar com a direcção considerada;
- Quanto mais forte o tipo de ligação química, mais duro o mineral;
- Escala de 10 minerais – Escala de Mohs



Escala de dureza de Mohs

Mineral	Número na escala	Objetos comuns
Talco	1	
Gipsita	2	Unha
Calcita	3	Moeda de cobre
Fluorita	4	
Apatita	5	Lâmina de uma faca
Ortoclásio	6	Vidro de janela
Quartzo	7	Estilete de aço
Topázio	8	
Coríndon	9	
Diamante	10	

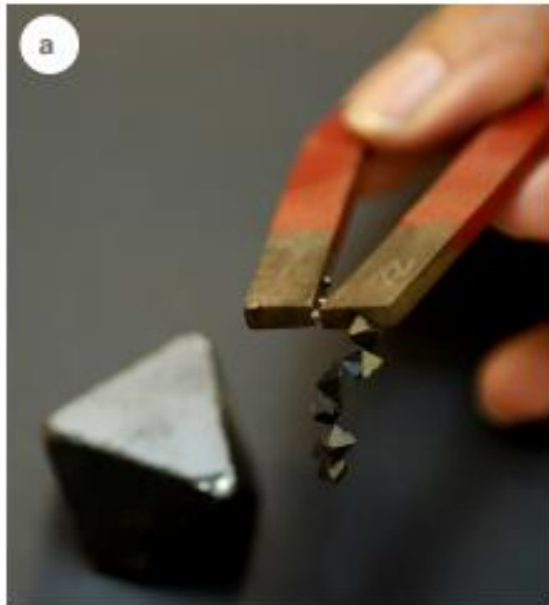


Exemplo:

Um mineral pode ser riscado pela lâmina de uma faca, mas não pode ser riscado por uma moeda de cobre.

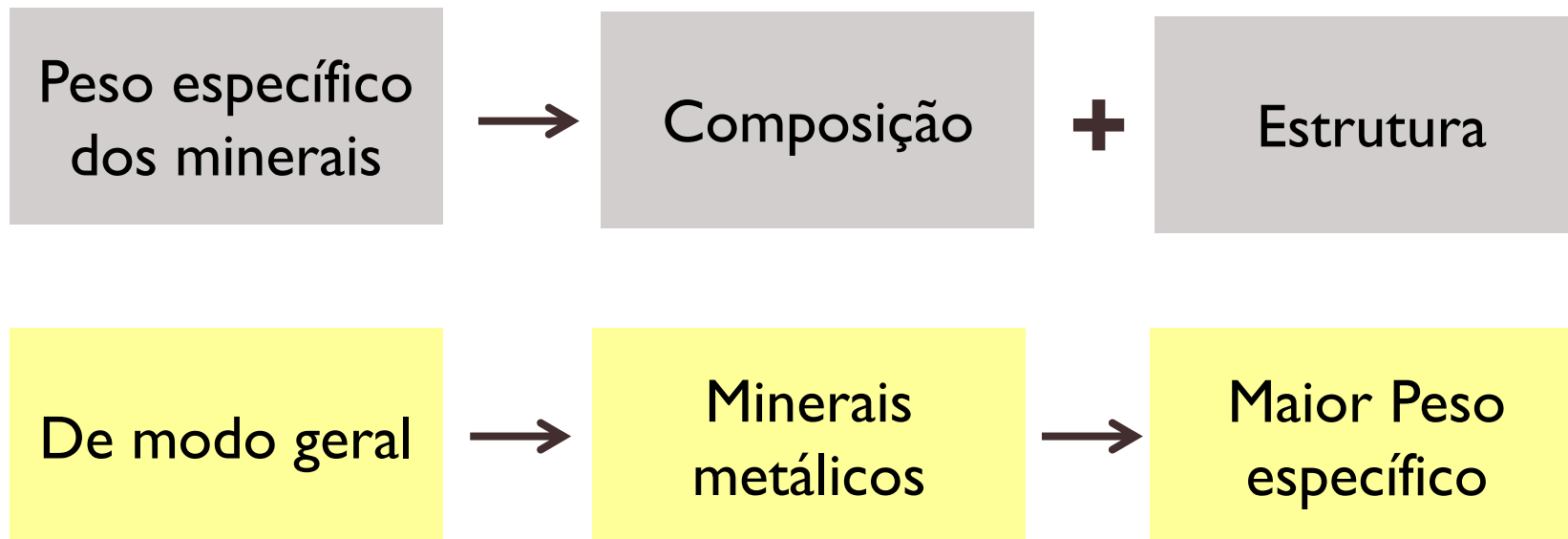
Apresenta dureza entre 5 e 4.

Propriedades magnéticas, elétricas e de fotoluminescência



- **Peso específico**

Razão entre seu peso e unidade de volume



- **Teste químico preliminar**

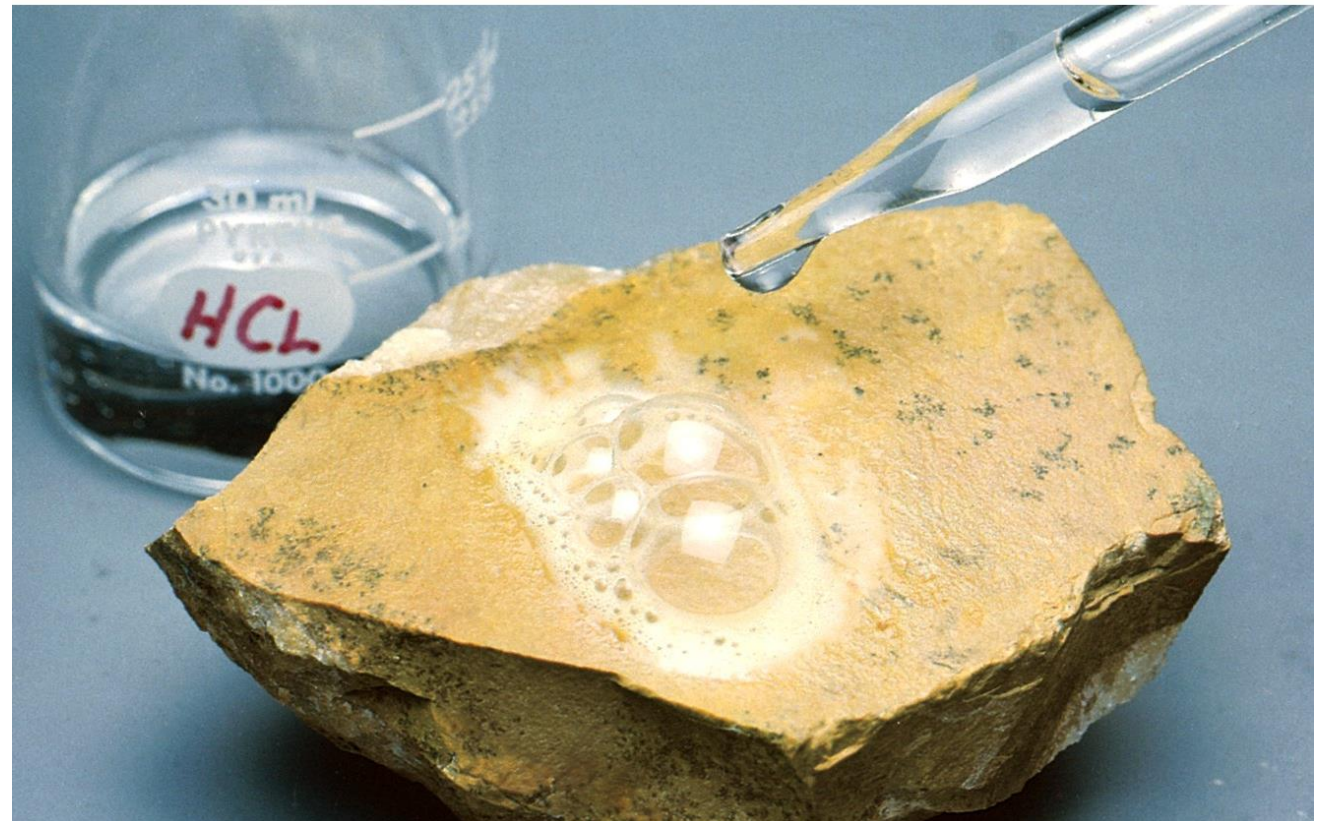
Teste de Efervescência

**Pingar uma gota de HCl
diluído no mineral**

Se efervescer...

O mineral é
provavelmente a calcita

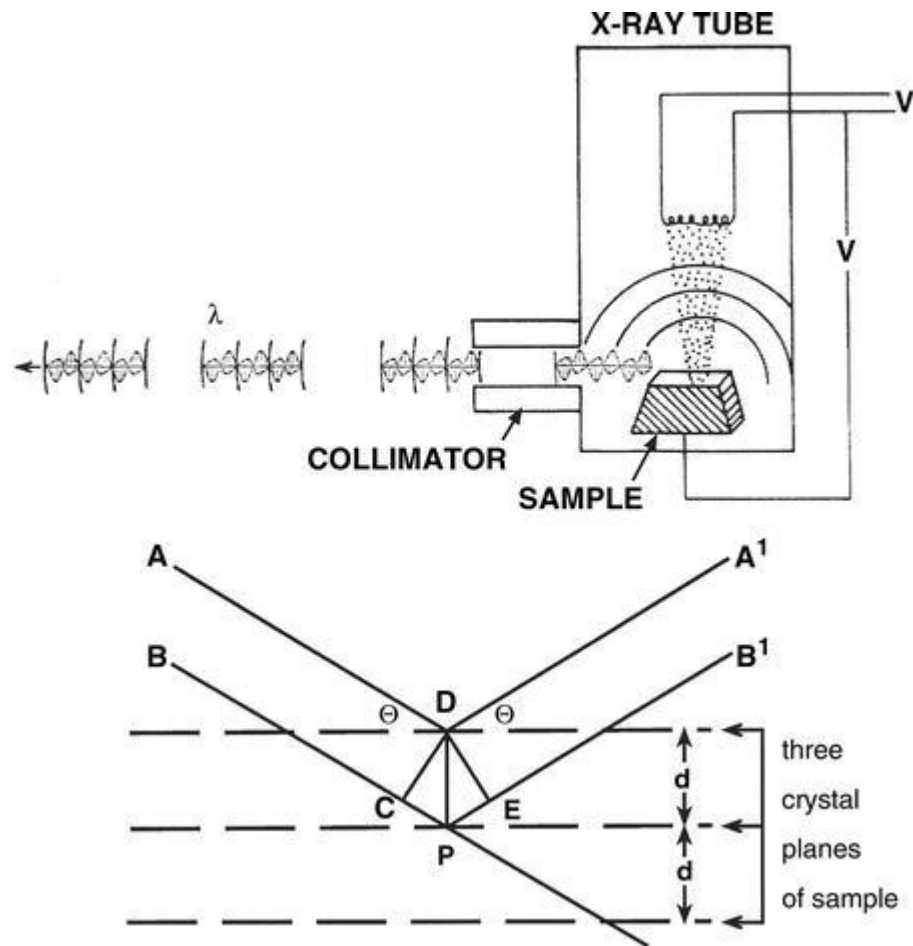
Grupo dos Carbonatos



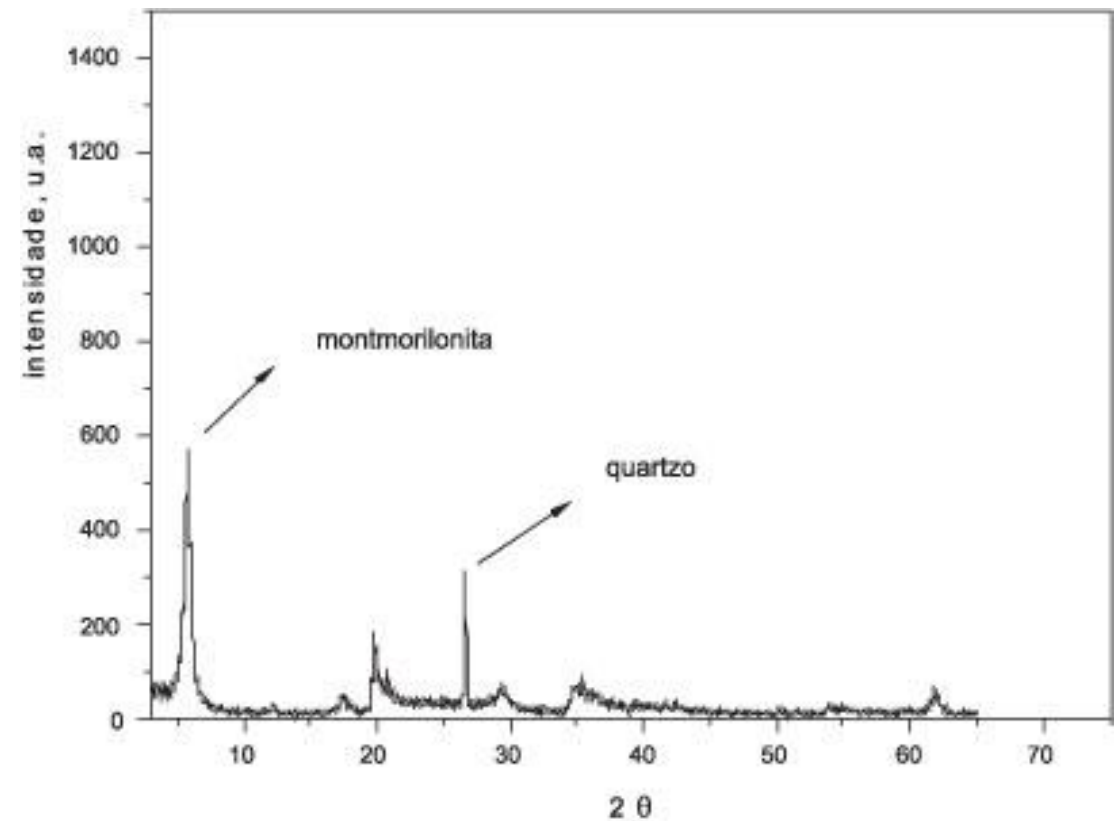
- **Ensaio de caracterização confirmatória**

Difração de raios X (DRX)

Difratograma



Fonte: Garrison et al. (2014)



Fonte: Piasson et al. (2011)