

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL
INSTITUTO DE QUÍMICA

O BRILHO DA QUÍMICA

**CARTILHA PARA APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO
DE QUÍMICA INORGÂNICA COM TEMÁTICA MINERALOGIA**



Fonte: <https://www.minasjr.com.br/como-identificar-minerais/>



Fonte: <https://www.estudokids.com.br/minerais/>

Vitor Matheus Sanderson

Porto Alegre

2023

Apresentação

Caro Professor,

Apresento a cartilha de orientação para utilização do Produto Educacional elaborado no decorrer do desenvolvimento da Dissertação de Mestrado junto ao Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional (PROFQUI) na UFRGS. Nessa cartilha você encontrará sugestões de aulas, em formato de Sequência Didática para o ensino de Química Inorgânica, com a inserção da temática mineralogia, no enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – CTSA.

A cartilha foi organizada em duas partes, sendo que a primeira parte tem como objetivo fornecer subsídios para os professores através da apresentação de conceitos básicos sobre mineralogia e propriedades de minerais. A segunda parte é a proposta de Sequência Didática que combina aulas dialogadas com atividades experimentais e recursos tecnológicos, por exemplos, *sites* e aplicativos de exposição de acervos mineralógicos que trazem imagens, fórmulas químicas e as propriedades de minerais, permitindo aos estudantes relacionar a estrutura química com as ligações químicas envolvidas na formação dos minerais e cristais.

A Sequência Didática pode ser desenvolvida em 6 aulas que correspondem a 2 períodos/aula de 50 minutos cada. O desenvolvimento da sequência tem início com a apresentação da realidade local e do cotidiano dos estudantes ao qual conduzirá os estudantes a refletirem sobre os conceitos de química inorgânica e mineralogia.

Com isso, espera-se que esse material possa contribuir principalmente nas atividades em sala de aula para a 1ª série do Ensino Médio. Desejo uma boa apreciação do material e uma excelente aprendizagem.

Um Mineral¹



Um mineral é uma coisa fascinante,
 Pelo menos para mim,
 Em sua ordenada estrutura,
 Há um mundo de misteriosa história[mistério]
 Os segredos que aí estão contidos,
 De intermináveis tempos passados muito antes do latim
 [muito antes do cansim]
 E fiéis a sua grande maioria
 Estão sendo aprendidos por fim.
 A cada ano usando novas técnicas
 Ou um aparelho novo,
 Tornamos nosso conhecimento mais completo,
 Nossos dados mais precisos.
 Mas não permitamos que ao tentar resolver
 Um mistério mineral
 Esqueçamos que eles são uma parte
 Da história natural.
 Nem em nossa busca por um detalhe[inabitual]
 Quando sondamos uma ideia desconhecida,
 Esquecer que cada mineral
 Tem sua própria beleza desmedida.
 Com o progresso da tecnologia
 Cada ano vê novas máquinas alvissareiras
 Que tentam copiar a natureza
 Por meio de sofisticadas maneiras.
 Mas embora todos esses métodos modernos
 Nós não temos como competir por nenhum viés
 Com o mundo da beleza ordenada
 Que existe sob os nossos pés.

C.S.H

¹ Klein, C. & Dutrow, B. Manual de Ciência dos Minerais, 23a ed. Bookman, 2012.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	5
O BRILHO DA QUÍMICA.....	7
PROPRIEDADE DOS MINERAIS.....	9
A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	23
AULA 1	23
AULA 2	27
AULA 3	30
AULA 4	34
AULA 5	38
AULA 6	41
ATIVIDADES DE INVESTIGAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO.....	54
REFERÊNCIAS.....	57

INTRODUÇÃO

A escolha da temática mineralogia surgiu pela motivação do gostar da química inorgânica e a inserção local vivenciada na cidade de Soledade, situada ao Norte do Estado do Rio Grande do Sul, conhecida como Capital das Pedras Preciosas, pelo Projeto de Lei Nº 3.819/2012 da Assembleia Legislativa do Estado.

A atividade mineralógica tem um impacto socioeconômico muito grande em nosso Estado, sendo que foi o setor que mais teve crescimento desde a década de 1990, até os dias atuais através da lapidação, importação e exportação de pedras preciosas/gemas. Essas pedras preciosas e gemas, são minerais sólidos que, após polimento e lapidação, são muito utilizadas para adorno pessoal ou produção de objetos utilitários ou de decoração.

A ciência responsável pelo estudo dos minerais é denominada mineralogia, definição restritiva para palavra mineral na geologia ou em outras ciências. Klein e Dutrow, 2012, definem mineral como um sólido de ocorrência natural com arranjo atômico altamente ordenado e uma composição química homogênea e definida. Os minerais são frequentemente formados por reações inorgânicas, formando sólidos cristalinos, sendo que a forma cristalina está relacionada com a composição de elementos químicos. Considerando a gênese dos minerais e o cotidiano de estudantes que vivem em regiões onde a atividade mineralógica é a atividade econômica mais importante é grande relevância desenvolver atividades didáticas para o ensino de ligações químicas a partir da temática mineralogia.

O BRILHO DA QUÍMICA

CONHECENDO O MUNDO DA MINERALOGIA

Os minerais são sólidos, Figura 01, de ocorrência natural, ou seja, são formados por processos naturais e apresentam um arranjo atômico altamente ordenado. Essa organização na sua estrutura interna de átomos, segue um padrão que confere aos minerais uma organização em um sistema cristalino. Os sólidos que não apresentam uma estrutura cristalina são denominados de materiais amorfos, por exemplo, obsidiana, que não é considerado um mineral por que tem uma composição variável e não possui organização estrutural atômica.

Figura 01: Minerais brutos



Fonte: <https://www.estudokids.com.br/minerais/>

A presença de elementos radioativos pode danificar a estrutura cristalina de um mineral, um exemplo típico em que ocorre esse fenômeno é no mineral zircão, que torna-se amorfo, depois que os átomos radioativos de urânio (U) e tório (Th) desintegram-se em sua estrutura.

Os minerais podem apresentar uma composição química definida, por exemplo, o quartzo que tem fórmula química SiO_2 , formado pelos átomos de silício e oxigênio e por não conter outros átomos de elementos químicos, sua fórmula química é dita fixa. Mas, a grande parte dos minerais, possuem uma fórmula química variável, como é o caso da dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, que não ocorre como carbonato puro de Ca-Mg, mas com uma considerável concentração de íons de ferro e manganês. Esse fator faz com que a fórmula da dolomita (figura 2) possa escrita como $\text{Ca}(\text{Mg, Fe, Mn})(\text{CO}_3)_2$.

Figura 02: Mineral dolamita



Fonte: <https://didatico.igc.usp.br/minerais/carbonatos/dolomita/>

Em geral, os minerais são formados por reações químicas inorgânicas, mas na atualidade já é conhecida a formação de minerais por organismos vivos, como o carbonato de cálcio (CaCO_3) das conchas que revestem algumas espécies de moluscos, devido a presença de proteínas responsáveis pela biomineralização. As pérolas, que são predominantemente aragonita (CaCO_3), são minerais biogênicos idênticos ao formados pelos processos inorgânicos.

A ciência de estudo dos minerais está relacionada com a química inorgânica, pelo fato dos minerais serem formados por reações inorgânicas entre os átomos de elementos químicos. A cristalochímica é a ciência que estuda a composição química dos minerais e suas relações com suas estruturas cristalinas.

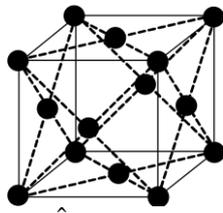
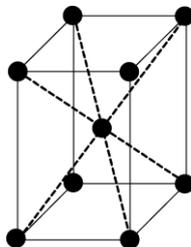
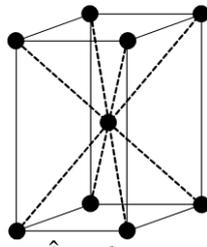
PROPRIEDADES DOS MINERAIS

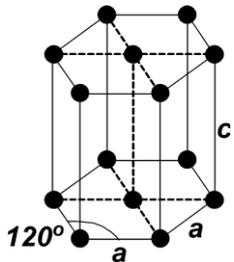
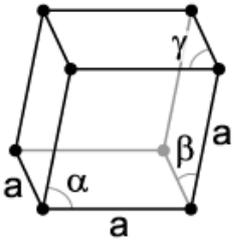
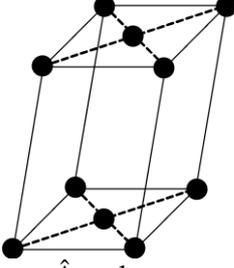
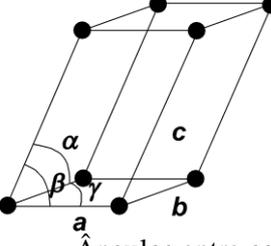
Os Minerais e os Sistemas Cristalinos

A forma cristalina é resultante da organização interna do arranjo atômico sendo que cada mineral apresenta uma forma cristalina definida ou um sistema cristalino; por exemplo, a granada cristaliza na forma de um dodecaedro, constituindo 12 planos na forma de diamante, enquanto a pirita pode formar cubos ou cristais com 12 planos lisos. Assim podemos afirmar que a forma cristalina está relacionada com a cristalografia.

Há sete sistemas cristalinos, que são: cúbico, tetragonal, ortorrômbico, hexagonal, trigonal, monoclinico e triclinico. Esses sistemas cristalinos são subdivididos em 32 classes cristalinas. A disposição única dos átomos dentro da rede cristalina e a ciência que estuda as estruturas geométricas de sólidos cristalinos é a cristalografia.

Quadro 01: Sistemas Cristalinos e Parâmetros de Rede

Sistema Cristalino	Exemplo
Cúbico	 <p>Eixos $a=b=c$</p> <p>Ângulos entre os eixos $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$</p>
Tetragonal	 <p>Eixos $a=b \neq c$</p> <p>Ângulos entre os eixos $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$</p>
Ortorrômbico	 <p>Eixos</p> <p>Ângulos entre os eixos</p>

	$a \neq b \neq c \neq a$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Hexagonal		Eixos $a \neq b \neq c$
		Ângulos entre os eixos $\alpha = \beta = 90^\circ \gamma = 120^\circ$
Trigonal		Eixos $a = b = c$
		Ângulos entre os eixos $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$
Monoclínico		Eixos $a \neq b \neq c \neq a$
		Ângulos entre os eixos $\alpha = \gamma = 90^\circ \beta \neq 90^\circ$
Triclínico		Eixos $a \neq b \neq c \neq a$
		Ângulos entre os eixos $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$

Fonte: adaptado de Klein, Dutrow (2012)

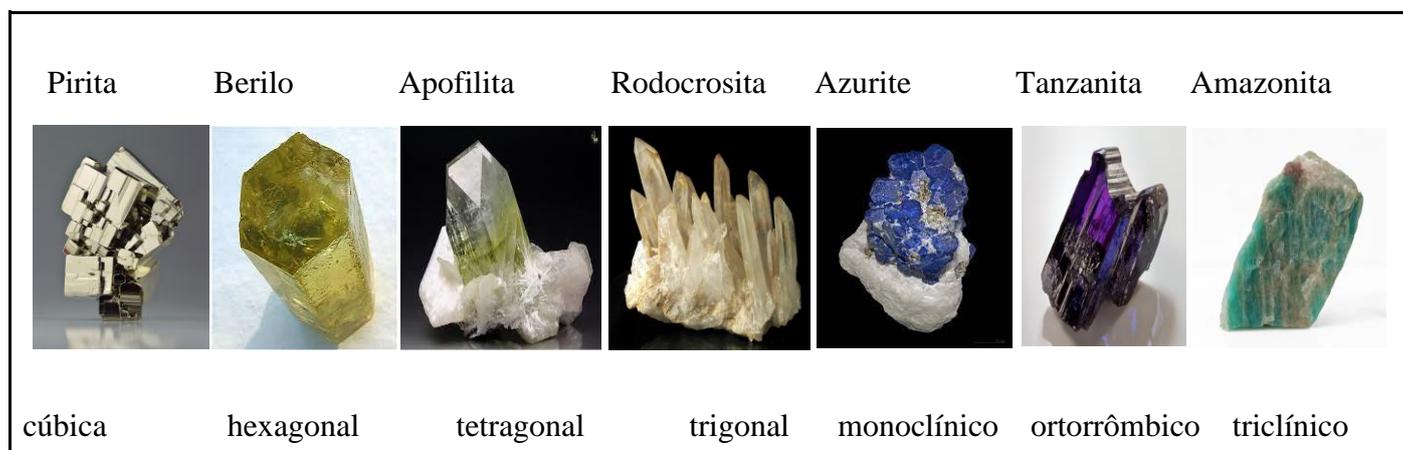
Quadro 02: Exemplos de algumas espécies de minerais encontrados em lojas de Soledade e suas estruturas cristalinas

Mineral	Estrutura cristalina
---------	----------------------

Calcita Rodocrosita	Trigonal
Lazurita	Cúbica
Ágata, (quartzo)	Triclínico
Apofilita Cassiterita	Tetragonal
Tanzanita	Ortorrômbica
Amazonita	Triclínico
Rodonita	Triclínica
Sodalita Halita	Cúbica

Fonte: do autor (2021)

Figura 3- Estruturas cristalinas dos minerais



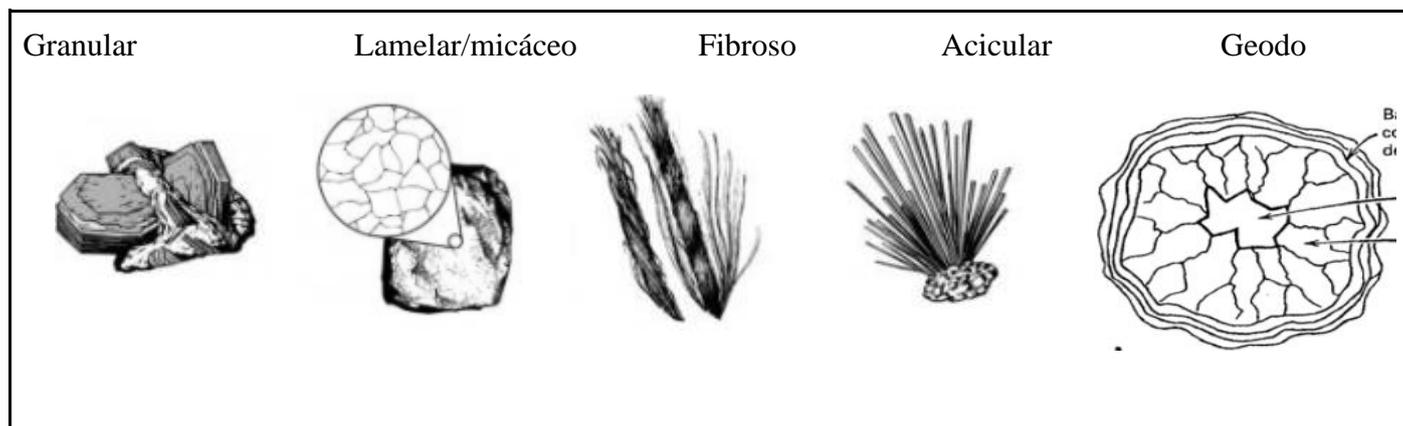
Fonte: adaptado de Crystal geology in (2017).

PROPRIEDADES DOS MINERAIS

As propriedades observáveis e medidas dos minerais são consequências diretas das estruturas cristalinas que eles apresentam. Através delas podemos definir e classificar grupos de minerais com propriedades físicas e químicas semelhantes e/ou diferentes. A seguir são apresentados alguns exemplos de propriedades que dependem da estrutura cristalina que sólidos inorgânicos cristalinos podem apresentar.

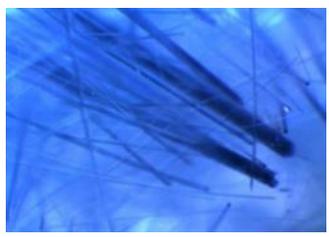
Hábito é aparência ou a forma geral de um mineral, que também pode conter irregularidades devido ao crescimento (KLEIN; DUTROW, 2012), é a forma como é encontrado na natureza (GUARDA, 2018).

Figura 4- Hábitos comuns dos minerais



Fonte: adaptado de Klein; Dutrow, (2012)

Quadro 03- Termos utilizados para descrever o hábito de cristais ou agregados de cristais

Hábito e agregado	Descrição	Exemplo	Aparência
Acicular	Mineral em forma de agulha	Turmalina em quartzo	
Lamelar	Mineral em forma de tablete, formado de estampas	Grafita e molibdenita	
Laminar	Mineral em forma de lâminas	Cianita	
Granular	Mineral em forma de grãos que variam de 2 a 10 mm.	Olivina	

			didatico.igc.usp.br
Maciço	Mineral sem formas definidas, carecendo de faces cristalinas.	Enxofre	 https://geologia.ufc.br/wp-content/uploads/2017/05/catalogo-mineralogia.pdf
Compacto	Mineral extremamente finos (<2micrômetros). Grãos individuais não são visíveis a olho nú	Caulinita	 caminhodoscristais.blogspot.com
Fibroso	Apresenta grãos ou fibras, muitos finos em filamentos flexíveis	Crisotilo	 https://es.wikipedia.org/wiki/Crisotil
Geodo	Cavidade forrada parcialmente por minerais	Ametista Ágata	 https://www.gminerais.com.br/
Micáceo	Estrutura em camadas tipo placas finas com separação em folhas delgadas.	Mica	 https://en.wikipedia.org/wiki/Mica

Fonte: adaptado de Klein; Dutrow, (2012)

Quadro 04: Termos utilizados para descrever o brilho com exemplos de minerais

Brilho	Exemplo de mineral
Adamantino	Cerussita
Vítreo	Esmeralda e quartzo
Resinoso	Esfarelita
Vitreo e perolado	Talco
Untuoso	Halita
Sedoso	Gipsita
Terroso	Limonita

Fonte: do autor (2021)



O Talco é um silicato de magnésio hidratado, nativo (extraído da terra = filossilicato de magnésio), podendo conter uma pequena proporção de silicato de alumínio. É um pó cristalino muito fino, branco ou branco acinzentado e untuoso, hidrófobo, adere facilmente à pele e é macio ao toque. Pode conter bactérias. Na manipulação é usado como lubrificante e diluente. Não se mistura pois possui alta tensão superficial.

<chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://florien.com.br/wp-content/uploads/2017/06/TALCO-FARMACEUTICO.pdf>

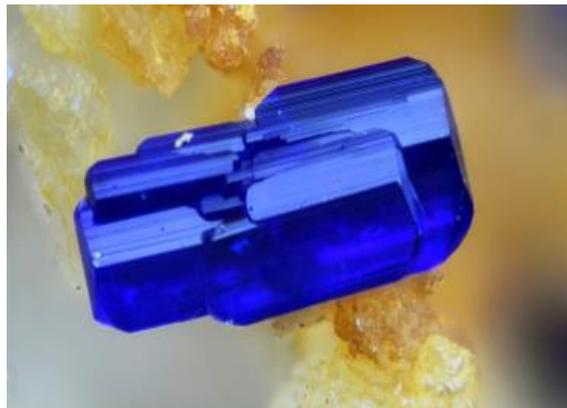
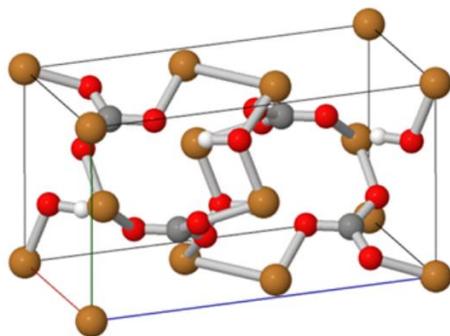
A **cor** é outra propriedade usada para identificar os minerais, servindo como uma propriedade distintiva. Em muitas gemas, como por exemplo em ágatas, a cor é utilizada para fazer sua identificação, mas vale lembrar que essa propriedade não pode ser aplicada para alguns minerais, pois a cor está diretamente relacionada com a composição química do mineral e sua estrutura cristalina. Segundo Klein & Dutrow (2012), “quando o elemento químico causador da cor é essencial ao mineral, a cor pode ser usada como uma ferramenta diagnóstica” pois determinado mineral apresenta uma cor constante, exemplo, o amarelo do enxofre.

Vários fatores são responsáveis pelas cores de minerais, entre eles a estrutura cristalina. Como exemplo tem-se os minerais azurita e malaquita, ambos apresentam em sua composição cobre, carbonato e hidroxila, mas a azurita, de cor azul, apresenta a fórmula molecular $[Cu_3(CO_3)_2(OH)_2]$, e a malaquita de cor verde, tem fórmula $[Cu_2CO_3(OH)_2]$. Essa diferença de cor está associada à estrutura cristalina adotada por ambas, Figuras 05 e 06:

Figura 5- Célula unitária da azurita e amostra azurita

HM: P 1 21/c 1 #14
 a=5.011Å
 b=5.850Å
 c=10.353Å
 α=90.000°
 β=92.410°
 γ=90.000°

● Cu
 ● O
 ● C
 ○ H

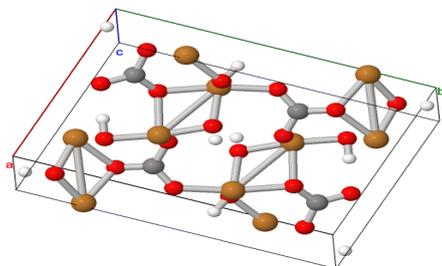


Fonte: <https://www.mindat.org/min-447.html#autoanchor11>

A célula unitária da azurita é mais compacta (observada pelas distâncias de a, b e c) do que a da malaquita. Sendo mais compacta, as transições eletrônicas, responsáveis pela cor, precisam de mais energia para acontecer em comparação com a malaquita. A figura 6, mostra a cor verde do mineral malaquita, consequentemente as ligações Cu-O, tanto do carbonato quanto da hidroxila devem ser mais curtas na azurita.

Figura 6- Célula unitária da malaquita e mineral malaquita

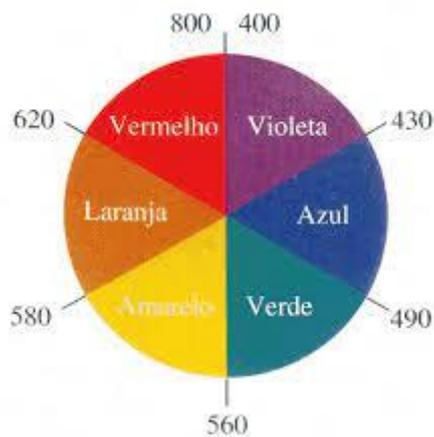
HM: P 1 21/a 1 #14
 a=9.502Å
 b=11.974Å
 c=3.240Å
 α=90.000°
 β=90.750°
 γ=90.000°



Fonte: <https://www.mindat.org/min-2550.html#autoanchor9>

Para entendermos as diferenças de cor dos minerais precisamos analisar a “roda de cores” de absorção da luz nos diferentes comprimento de ondas da luz na região do visível, na figura 07;

Figura 7- Roda das cores



Fonte: www.fcav.unesp.br/Home/

Se enxergamos um composto com cor azul, como a azurita, significa que as transições eletrônicas ocorrem em faixas de energia correspondentes a cor complementar (cor diametralmente oposta na roda das cores), no caso laranja. Para a malaquita, as transições ocorrem no vermelho, pois apresenta cor verde. A cor laranja é mais energética do que vermelha, precisamos de mais energia para as transições na azurita. Isso é coerente com a estrutura mais compacta da azurita em relação à malaquita.

Clivagem tendência de o mineral partir-se paralelamente a planos atômicos identificados por Índices de Miller, que constituem as faces dos cristais. É a capacidade que os minerais têm em romper sua estrutura cristalográfica ao longo destes planos. O quadro 5 mostra os planos de clivagem existentes em diferentes formas cristalinas. A clivagem pode ser definida como (perfeita, boa, regular, má e ausente). Observa-se que em alguns minerais a clivagem é ausente, como no quartzo.

Quadro 05: planos de clivagem em algumas formas cristalinas

Forma cristalina	Exemplo	Clivagem
Cúbica	Galena (PbS)	Perfeita em {001}.
Octaédrica	Diamante (C)	Perfeita {111}
Dodecaédrica	Esfarelita (ZnS)	{110} perfeita, {110} perfeita, {110} perfeita
Romboédrica	Calcita (CaCO ₃)	Clivagem romboédrica perfeita {10 $\bar{1}$ 1} (ângulo da clivagem = 74°55')
Prismática	Andaluzita (Al ₂ SiO ₅)	{110} boa ou distinta, {100} fraca ou indistinta e {010} fraca.

Fonte: adaptado de Klein, Dutrow (2012)

Dureza é a resistência que uma superfície lisa de um mineral oferece ao ser riscado, ou seja, a dureza é possibilidade que um mineral tem de ser riscado ou capacidade de riscar uma superfície. A dureza depende da intensidade das ligações químicas na estrutura cristalina do mineral.

A resistência da estrutura cristalina resulta na composição de todos os tipos de ligação. Nos minerais com ligações iônicas a dureza aumenta nos compostos com menor distância interiônica (AOKI, c2021) e, em geral, aumenta com aumento da carga iônica.

Quadro 06: variação da dureza com a carga iônica em alguns cristais com estrutura cristalina cúbica da halita (NaCl).

	LiF Griceite	LiCl cloreto de lítio	NaF Velliaumita	NaCl Halita	MgO Periclase	CaO Cal viva
Distância (Å)	2,02	2.57	2.31	2.81	2.10	2.40
Dureza	3.3	3	3.2	2.5	6.5	4.5

Fonte: adaptado de Klein, Dutrow (2012)



A ESCALA DE DUREZA DE MOHS NO DIA-A-DIA

Na prática, essa escala pode ser utilizada na hora de definir a matéria prima ideal para cada finalidade. No caso da construção civil, por exemplo, podemos citar a fabricação de pisos, onde a indústria que deve se atentar a dureza dos minerais para definir a produção.

Repare que existe uma preferência pelo granito ao mármore na confecção de pisos e bancadas. O mármore é composto basicamente por calcita, cuja dureza é 3, enquanto o granito é formado por ortoclásio (feldspato) e quartzo, de durezas 7 e 6, respectivamente. Sendo assim, optar por um piso ou construção em mármore é estar muito mais suscetível a riscos e danos.

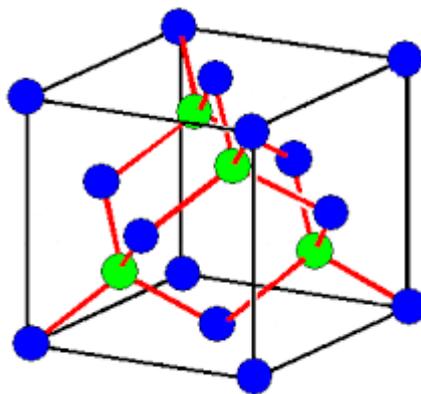
<https://www.wemystic.com.br/escala-dureza-moh>

A Escala de Mohs foi atribuída pelo mineralogista austríaco F. Mohs para comparar a dureza de 10 minerais conhecidos. Essa escala está atribuída em ordem crescente de dureza, sendo 1 para mais “mole” e 10 para mais “duro”.

O diamante é mais duro porque há uma rede de ligações covalente simples, em arranjos tetraédricos, onde cada vértice está ocupado por outro átomo de carbono tetraédrico. A molécula é gigante devido à rede contínua de ligações covalentes e isso faz com que os átomos de carbono individuais praticamente não se movimentem. Em outras palavras, a estrutura tridimensional rígida do diamante é a responsável pela dureza. Portanto, o diamante é um exemplo de sólido com ligações covalentes onde observamos em todas as direções átomos de carbono posicionados no vértices do tetraedro. Na Figura 8, está apresentada a estrutura cristalina do diamante que é do tipo cúbica de face centrada (cfc), em que é possível observar a existência de quatro

tetraedros no interior da rede. Os círculos azuis e verdes representam os átomos de carbono, sendo que os verdes são os que ficam no centro de cada um dos tetraedros.

Figura 8- Estrutura cristalina do diamante



Fonte: https://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/iss/kap_4/illustr/i4_2_1.html



As serras diamantadas são ferramentas utilizadas para moldar e lapidar gemas, são produzidas com aço banhado com diamante natural, dando a serra maior dureza e resistência para corte de outros minerais, por exemplo, ágata e ametistas.

Quadro 07- escala de Mohs

Talco 1	Gipsita 2	Calcita 3	Fluorita 4	Apatita 5	Ortoclássio 6	Quartzo 7	Topázio 8	Corindon 9	Diamante 10

Fonte: do autor (2021)

PROPRIEDADES ÓTICAS

São propriedades que dependem da interação do mineral com a luz. A luz em um mineral pode ser refletida, transmitida e absorvida. Muitas vezes, essas propriedades são utilizadas para a identificação dos minerais.

Birrefringência em Minerais

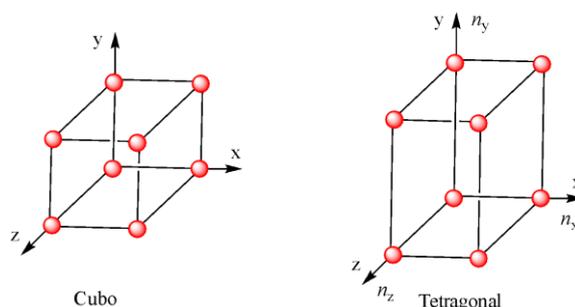
A luz é constituída por dois raios, que comumente são denominados campo elétrico e campo magnético. Estes raios, que na ótica são denominados raio ordinário e raio extraordinário, se propagam a 90 graus. Além disto, se observa que os comprimentos de onda destes raios são diferentes e, por isto, em determinados materiais ditos birrefringentes, se propagam em ângulos diferentes. A diferença entre o ângulo de propagação de um raio em relação ao outro é denominada birrefringência e a diferença no tempo que um raio chega a um determinado ponto depois do outro é chamada de retardo.

A birrefringência é uma propriedade óptica de materiais que apresentam diferentes índices de refração da luz que dependem da polarização e da direção de propagação da luz. Materiais que apresentam diferentes índices de refração da luz são chamados materiais birrefringentes e possuem comportamento isotrópico em relação a propagação da luz, pois esta refrata em diferentes ângulos.

Como exemplo, considere uma esfera e cubo e as formas deformadas elipsóide (oval) e tetragonal. Qualquer medida física nas direções x , y e z assumirá o mesmo valor para os sistemas cúbico e esférico, os quais são definidos como materiais isotrópicos. Entretanto, as deformações (dessimetrização) das figuras originais para uma forma tetragonal e elipsóide provocam mudanças nos valores dessas medidas físicas que se desejam medir ou observar. Essa propriedade é definida como *anisotropia*. A birrefringência é medida da anisotropia do sistema, pois a luz se propaga desigualmente nas diferentes direções. (Figura 09).

Assim, a dupla refração da luz apresentada por certos minerais e cristais, por exemplo, a calcita é um exemplo da birrefringência em minerais, sendo capaz de produzir dupla refração da luz que os atravessa, resultando na formação de duas imagens. Além da imagem dupla, a luz que atravessa o cristal emerge como luz polarizada, de modo que é possível visualizar somente uma imagem com o auxílio de um filtro polarizador, podendo ser conferida em um vídeo disponibilizado em <https://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=23485&idVideoVersion=51668>olarização da luz-birrefringência.

Figura 09- Sistemas isotrópicos e anisotrópicos x Birrefringência

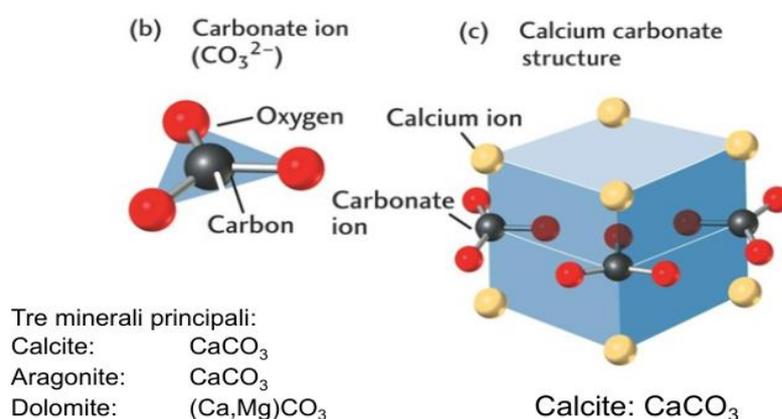


Fonte: do autor (2021)

O índice de refração é uma medida da velocidade da luz num meio em comparação com o vácuo, dado por: $N = c/v$; em que: N = índice de refração, c é a velocidade da luz no vácuo ($c = 3 \times 10^8$ m/s); v é a velocidade da luz no meio. No vácuo, o índice de refração é UM (1,00), enquanto na água, ele vale 1,33. Note que se o índice de refração aumenta, a velocidade da radiação eletromagnética no meio diminui. A birrefringência pode então ser calculada a partir da diferença dos índices de refração medidos em um meio anisotrópico ($\Delta n = n_1 - n_2$).

A calcita apresenta estrutura cristalina trigonal, e, portanto, dois índices de refração. Os minerais² do grupo dos carbonatos são o segundo grupo mais abundante na crosta terrestre. São constituídos por planos que contêm cátions alternados com planos formados por CO_3 . No caso da calcita existem planos de cálcio que são alternados com planos de carbonato (CO_3), enquanto que na dolomita um plano de cálcio é sucedido por um plano de CO_3 , que é sucedido por um plano de Mg, que é sucedido por um de CO_3 .

Figura 10- Minerais do grupo dos carbonatos



Fonte: <https://slideplayer.it/slide/10252780/>

O Brilho, além da cor e o traço, é uma propriedade que depende da interação da luz.

Para Klein e Dutron (2012), o brilho refere-se à aparência geral da superfície de um mineral de acordo com a luz refletida. Assim podemos citar dois tipos distintos de brilho: **metálico e não metálico**. O brilho metálico está relacionado com a aparência brilhante metálica em sua superfície, para o brilho não metálico não é observado esse fator na superfície do mineral, existindo vários tipos de brilho não metálico, que recebem denominações específicas (vítreo, adamantino, perláceo e outros). Podemos dizer que a aparência dos metais está relacionada com a reflexão especular e difusa.

² Tradução do autor, do site <https://slideplayer.it/slide/10252780/>

OS MINERAIS E O AVANÇO TECNOLÓGICO

“Uma mina em suas mãos: conheça os principais minerais que estão dentro do seu celular”, instituto minere³

Os nossos aparelhos celulares são considerados uma verdadeira mina, onde há um universo de minerais que vai da tela às conexões. Graças aos minerais, os aparelhos tecnológicos foram evoluindo para melhor suprir as necessidades dos seus usuários com objetivo de trazer uma sofisticação e proporcionar praticidade no dia a dia.

Figura 11- Os minerais encontrados nos aparelhos celulares



Fonte: institutominere.com.br/blog/uma-mina-em-suas-maos-conheca-os-principais-minerais-que-estao-dentro-do-seu-celular

Os *smartphones* são compostos de dezenas de elementos químicos e ligas metálicas, que são produzidos a partir de minerais encontrados na natureza. Esses elementos vêm de diversos países, por exemplo, o Lítio usado na bateria pode ter origem da Austrália e Chile, já o Tântalo, usado nos circuitos eletrônicos, tem origem no Congo, Ruanda e Brasil.

Os elementos químicos presentes nos *smartphones* são extraídos de minerais, vejamos alguns desses minerais e suas aplicações;

- ❖ Tela e circuitos elétricos: sílica (quartzo)
- ❖ Luz LED: gálio (bauxita)
- ❖ Displays e LEDs: índio e germânio (esfarelita)
- ❖ Eletrônica: cobre (calcopirita)

³ Retirado do site <https://institutominere.com.br/blog/uma-mina-em-suas-maos-conheca-os-principais-minerais-que-estao-dentro-do-seu-celular>, acessado em 14 de março de 2023.

- ❖ Bateria: lítio (espodumênio). Vale ressaltar, que não se usa mais espodumênio como fonte de Li. Este elemento é retirado de sais de Li existente nos salares, principalmente no Chile.
- ❖ Circuitos e dissipadores de calor: tungstênio (*Wolframita*)
- ❖ Placas compostas: prata (tetraedrita)
- ❖ Alto falantes: elementos de terras raras (monazita).

❖ A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Aula 01

CONHECIMENTOS PRÉVIOS DE QUÍMICA

TEMPO: 1 h 40 min

Conteúdo:

- Sistemas materiais
- Tabela periódica

Objetivos

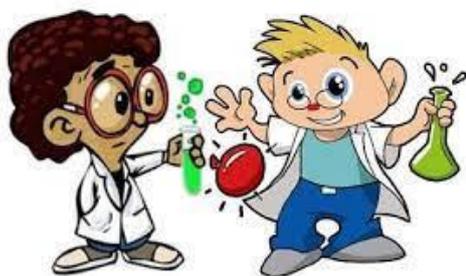
- Coletar informações dos conhecimentos prévios dos estudantes
- Discutir a classificação dos sistemas materiais
- Refletir sobre o uso dos elementos químicos em nosso cotidiano
- Compreender a tabela periódica e as propriedades periódicas

Metodologia

No primeiro momento o professor aplicará o questionário de conhecimentos prévios (Tempo de duração média de 30 min) por meio do *google* formulários. Esse questionário de conhecimentos prévios contém três questões discursivas e cinco de escolha simples. O objetivo deste questionário é identificar as ideias prévias dos estudantes a respeito dos conteúdos, sistemas materiais e tabela periódica. No segundo momento da aula, após os estudantes desenvolverem suas respostas no questionário, o professor irá debater com os estudantes as questões e explicá-las.

Será que você compreende a importância do estudo dos minerais?

O que você estuda na química inorgânica?



Fonte: dicasdeciencia.com.br



QR Code para acesso ao questionário de conhecimentos prévios

.....
1º- Conhecimentos Prévios
.....

CONHECIMENTOS PRÉVIOS

1- O que você entende por substâncias químicas?

2- O que você entende por fórmula química? E o que é representado em uma fórmula química?

3- Quais são as propriedades físicas e químicas das substâncias?

4- Assinale a alternativa que apresenta uma substância química elementar.

- (a) NaOH
- (b) H₂
- (c) NH₄OH
- (d) NaCl
- (e) BF₃

5- Exemplo de sistema homogêneo

- (a) água + etanol
- (b) água + gasolina
- (c) água + sal de cozinha + três bolinhas de chumbo
- (d) água + óleo de cozinha
- (e) gelo + areia

6- Elemento químico do grupo 13 localizado no 2º período da Tabela Periódica.

- (a) ferro
- (b) sódio
- (c) hélio
- (d) boro
- (e) lítio

7- Assinale a alternativa que apresenta um não metal, com sete elétrons na camada de valência.

- (a) carbono
- (b) boro
- (c) flúor
- (d) oxigênio
- (e) enxofre

8- Como é classificada a ligação química formada entre átomos de carbono e hidrogênio?

- (a) iônica
- (b) covalente
- (c) metálica
- (d) covalente com duplas ligações

Aula 02



PROPRIEDADES DOS MINERAIS E SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS

TEMPO: Atividades desenvolvidas em uma aula de 1h 40 minutos.

Conteúdo:

- Propriedade dos minerais
- Propriedades físicas dos materiais e das substâncias (densidade, solubilidade)

Material:

Kit de minerais produzido pelo Professor

Objetivos

- Usar Ferramentas Educacionais para promover a pesquisa pelos estudantes
- Analisar o *kit* de minerais e as propriedades dos minerais expostos no aplicativo⁴.
- Discutir as propriedades dos materiais e substâncias
- Refletir sobre o uso dos elementos químicos em nosso cotidiano

Metodologia

Desenvolver a pesquisa nos estudantes utilizando ferramenta educacional Meu Acervo Mineralógico ou o *kit* de minerais Nesse momento o professor deverá expor amostras de minerais e sua finalidade para as

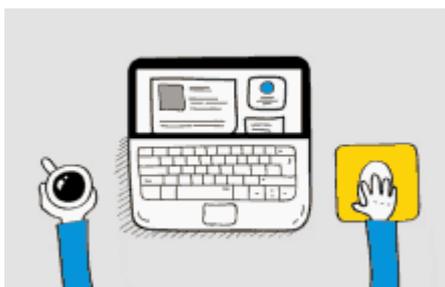
⁴ Aplicativo desenvolvido pelo professor, utilizando o e-mail institucional dos estudantes, disponível apenas para o domínio @educar.

aulas de química. Após, irá dividir a turma em grupos e distribuir uma ficha catalográfica contendo o nome do mineral, ou classe mineralógica, ou as propriedades para ser completada usando sites e aplicativos

A ficha catalográfica também terá espaços destinados para os estudantes classificarem as substâncias que constituem os minerais em elementos (simples) ou compostas, número de elementos químicos, presente na fórmula e o número de átomos.

Fichas catalográficas

Fichas Catalográficas - meu acervo mineralógico



Obs. Aplicativo para sistema *Android*

Dicas de site e aplicativos para auxílio da atividade

<https://wp.ufpel.edu.br/museudesolosrochaseminerais/minerais/>

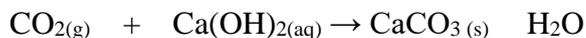
<https://museuhe.com.br/>

APP *Geology Sample Collector apk*





A empresa Canadense Carbon Engineering, desenvolveu a tecnologia que promete remover CO₂ do ar atmosférico permitindo transformá-lo em pó. O gás dióxido de carbono (CO₂) lançado na atmosfera por meio de reações de combustão é capturado e posteriormente levado a reagir com uma solução de hidróxido de cálcio-Ca(OH)₂. O produto da reação consiste de fragmentos de mineral calcita (carbonato de cálcio - CaCO₃). Representado pela equação de reação química:



Fonte: [A tecnologia que promete remover CO2 da atmosfera](#)



A dolomita tem a capacidade de penetrar com rapidez nos poros, ajudando a acalmar, desinflamar, tonificar, cicatrizar e revitalizar a pele. Por isso, pode ser utilizada para tratar lesões, queimaduras, assaduras, manchas, micose e espinhas. A dolomita CaMg(CO₃)₂ é um mineral pertencente à classe dos carbonatos, encontrada em rochas calcárias, para sua aplicação no consumo humano é preciso passar por um processo de purificação a fim de evitar possíveis contaminantes.

Fonte: [Dolamita e as propriedades medicinais](#)

Aula 03



PROPRIEDADES DOS MINERAIS

TEMPO: Atividades desenvolvidas em uma aula de 1h 40 min minutos.

Conteúdo:

- Propriedade dos minerais
- Propriedades físicas dos materiais e das substâncias (densidade, solubilidade)

Objetivos

- Desenvolver atividades experimentais que permitam relacionar a estrutura cristalina dos minerais com suas respectivas propriedades físicas;
- Discutir as propriedades dos materiais e substâncias;

Metodologia

As atividades experimentais desenvolvidas serão de forma participativa em laboratório da escola para permitir aos estudantes a abordagem do mundo microscópico ao macroscópico. As atividades seguirão o roteiro descrito abaixo em que serão estudadas as seguintes propriedades físicas: densidade de alguns minerais, solubilidade de sais em água e acetona, determinação do traço dos minerais, cor e brilho.

.....

Atividades Experimentais

.....

Atividade experimental 01: Determinando a densidade relativa dos minerais e de uma amostra de mineral desconhecido.

Objetivo da atividade experimental: Determinar a densidade relativa (ou específica) de dois minerais conhecidos. Determinar, a partir do valor de densidade, a identidade de um mineral desconhecido por comparação com dados de sites de mineralogia.

Materiais:

Balança digital, 3 provetas 100 mL, pinça metálicas

Reagentes:

Água e 2 amostras de minerais conhecidos pelos estudantes com os nomes identificados e 1 amostra de mineral desconhecido (sem o nome identificado) para comparar sua densidade com o valor descrito na literatura;

Procedimento:

- Com auxílio da balança determinar a massa de cada amostra de mineral e anotá-las, após enumerar as provetas na sequência (mineral 1, 2 e 3). Em seguida adicionar 50 mL de água em cada uma das provetas, depois de adicionado a água insira as amostras de minerais nas provetas e anote o volume de água deslocado para saber o volume do mineral.
- Acessar a literatura para conferir o valor de densidade encontrado para os minerais conhecidos.
- A partir do valor de densidade medido, identifique o mineral desconhecido que poderia ser amazonita ou selenita ou dolamita.

Proveta	Massa (g)	Volume inicial de água (mL)	Volume final (mL)	Densidade $d = \frac{m}{v}$
1- ágata				
2- ametista				
3-				

Atividade experimental 02: Determinando a solubilidade dos minerais

Materiais e reagentes:

10 tubos de ensaio, água, acetona, carbonato de cálcio, sulfato de magnésio, enxofre, sulfato de cobre e cloreto de sódio.

Procedimento:

- Enumere 05 tubos de ensaio com a sequência 1 A - 5A e adicione cerca de 5 mL de água. Enumere 05 tubos de ensaio com a sequência 1B -5B e adicione cerca de 5mL de acetona. Em cada um dos tubos adicione, com auxílio de uma espátula, uma pequena quantidade dos sais que compõem os minerais, conforme a ordem do quadro.
- Anote se a substância é solúvel ou insolúvel em água e acetona.

Mineral	Calcita	Kieserita	Enxofre	Calcocianita	Halita
	Carbonato de Cálcio	Sulfato de magnésio	Enxofre	Sulfato de cobre	Cloreto de sódio
Tubo	1	2	3	4	5
A -Água					
B- Acetona					

Atividade experimental 03: Determinando a cor do traço dos minerais

Materiais e reagentes:

Quatro minerais sugeridos, limonita (mistura de hematita com goethita), calcita, selenita e pirita; ou outros minerais disponíveis e placas de porcelana (branca e preta).

Procedimento⁵:

- Realizar o teste do traço com a placa de porcelana (branca ou preta). Para isto, segurar firmemente a placa de porcelana na mão e raspar firmemente o mineral (usar uma ponta do mineral contra o lado reto da porcelana e movê-lo pela sua superfície como se fosse uma caneta fazendo uma linha reta na peça).
- Observar de perto a linha em forma de pó na superfície da placa de porcelana. Se o mineral não fizer um risco, repetir o primeiro procedimento novamente, ou optar pela porcelana de outra cor. Dependendo do mineral, uma pressão moderada será necessária para fazer um traço.

⁵ Adaptado do kit de análises de minerais do laboratório Geológico Terras Brasilis Didáticos disponível no site <https://terrabilisdidaticos.com.br/>.

Usar outras partes do mineral pode ser necessário, pois o mineral pode variar em consistência, e assim, pode haver lados que não deixem o pó na superfície da porcelana.

- Determinar a cor do pó. Este será o traço do mineral testado.
- Seguir para o próximo mineral e repetir o procedimento com todos os minerais.
- Anotar na tabela os dados obtidos para cada mineral observado.

Mineral	Traço na porcelana branca	Traço na porcelana preta
Quartzo		
Calcita		
Selenita		
Apatita		
Hematita		

Por se tratar de minerais brutos, os tamanhos, pesos, cores e formatos podem variar, mas o traço do mineral não varia. Como a porcelana tem dureza relativa na escala Mohs de 6 a 7, maior do que as dos minerais em estudo, o que é produzido é o traço do pó do mineral e não da porcelana. Os estudantes poderão consultar a dureza dos minerais, no *site* disponível em <https://wp.ufpel.edu.br/museudesolosrochaseminerais/materiaisdidaticos/>.

Aula 04

PROPRIEDADES DAS LIGAÇÕES QUÍMICAS

TEMPO: Atividades desenvolvidas em uma aula de 1 h 40 min minutos.

Conteúdo:

- Estudo das propriedades dos compostos iônicos e covalentes
- Propriedades físicas dos compostos covalentes e iônicos, condutibilidade elétrica.

Objetivos

- Desenvolver atividades experimentais que permitam aos estudantes a estabelecerem as relações entre os compostos covalentes e iônicos.
- Discutir as propriedades das ligações químicas com o modelo estabelecido.
- Abordar o modelo de ligação covalente e iônico através das propriedades periódicas dos átomos de elementos químicos.

Metodologia

Desenvolver atividade experimental demonstrativa no laboratório da escola, permitindo aos estudantes a realizarem comparação das propriedades dos compostos covalentes e iônicos, relacionado com o modelo proposto para as ligações químicas.

No período de aula será desenvolvida uma atividade experimental, condutividade elétrica e exposição dos valores de temperatura de fusão e ebulição para as mesmas substâncias testadas na condutividade elétrica para que os estudantes façam a comparação das temperaturas com o modelo de ligação química. Após o experimento, o professor irá usar como metodologia uma aula expositiva através da apresentação de um vídeo

descrito no *link* abaixo, para os estudantes completarem o quadro do experimento fazendo uma relação com a fusão dos compostos.

.....
 1º- Momento - Propriedades dos compostos covalentes e iônicos

.....
 Atividades Experimentais

Atividade experimental 04: Teste da condutividade elétrica de substâncias e soluções

Materiais e reagentes:

Aparelho⁶ para teste de condutividade, 10 copos béqueres, água destilada, água da torneira, acetona, carbonato de cálcio, sulfato de magnésio, enxofre, sulfato de cobre, cloreto de sódio e sacarose.

Procedimento:

- Identifique os reagentes em cada um dos 9 béqueres que estão sobre a bancada para serem testados. O professor irá fazer teste, usando o aparelho para teste de condutividade, iniciando pelo béquer que contém um primeiro reagente a ser testado, conforme o quadro abaixo. Os estudantes observam os resultados e anotam no quadro. Os reagentes sólidos deverão ser testados no estado de agregação sólida e posteriormente dissolvidos em 6 mL de água.
- Assistir o vídeo - [Sal fundido conduzindo corrente elétrica](#).

Desenvolvimento experimental

Béquer	Condutividade elétrica			Ligações químicas		
	Sólido	Líquido ou solução aquosa	Fundido ⁷	Fórmula química	Modelo de ligação química	Tipo de substância
Sulfato de cobre						
Água destilada						
Água da torneira						
Acetona						
Sacarose						
Cloreto de sódio						

⁶ Aparelho produzido pelo professor de forma artesanal, utilizando materiais de baixo custo para as aulas de química. Seguindo o modelo proposto em <https://gpquae.iqm.unicamp.br/experimentos/E1.pdf>

⁷ Utilização de vídeo para ensino de química auxiliando no desenvolvimento da aula.

Carbonato de cálcio						
Sulfato de magnésio						
Enxofre						



O Sulfato de Cobre penta hidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) é utilizado em plantas ornamentais, hortaliças, frutíferas e bonsais para prevenir o aparecimento de fungos como podridão das raízes, antracnose, ferrugem, entre outras. Deve ser utilizado sem a mistura de qualquer outro produto.

Fonte: [Fertilizante foliar - sulfato de cobre](#)



O BaSO_4 (sulfato de bário) é utilizado em medicamentos chamados contraste para exames radiológicos. O BaSO_4 é insolúvel. Entretanto, os compostos solúveis de bário são extremamente tóxicos. Em 2003 ocorreu um erro na produção do celobar® medicamento comercializado de BaSO_4 . Em sua produção ocorreu a contaminação do medicamento por BaCO_3 , insolúvel em água. Mas, ao ser ingerido e em contato com o ácido do estômago liberou os cátions bário, tóxicos aos seres humanos. Esse erro levou à morte de 21 pessoas.

Fonte: [Erro na produção de sulfato de bário](#)

.....

Aula 05

.....

 **Propriedades dos compostos iônicos/sais inorgânicos - Jardim Químico**

TEMPO: Atividades desenvolvidas em uma aula de 1h 40 min.

Conteúdo:

- Estudo das propriedades dos compostos iônicos
- Propriedades físicas dos compostos covalentes e iônicos, solubilidade, reatividade de óxidos.

Objetivos

- Desenvolver atividades experimentais que permitam aos estudantes a identificarem as propriedades dos compostos iônicos.
- Discutir as propriedades das ligações químicas com o modelo estabelecido na formação dos óxidos dos minerais.

Metodologia

Desenvolver atividade experimental demonstrativa no laboratório da escola, permitindo aos estudantes a realizarem, compararem as propriedades dos óxidos, compostos de caráter iônicos e covalentes na formação de minerais.

No período de aula será desenvolvida uma atividade experimental, jardim químico, popularmente dito, como jardim de silicatos. Após o experimento, o professor irá usar como metodologia uma aula expositiva explicando os conceitos envolvidos na formação do minerais e relação com o experimento, solubilidade, concentração e diluição. Após a finalização da explanação dos conteúdos, os estudantes irão desenvolver pesquisas por meio eletrônicos que envolvem algumas questões presentes nas discussões do experimento.

.....

Atividades Experimentais

.....

Atividade experimental 05- Jardim de silicatos-jardim químico

Materiais e reagentes

Água

Um frasco de vidro ou acrílico de boca larga

Cristais de Cloreto de Cobalto, Nitrato de Ferro ou nitrato ferroso, Sulfato de Cobre, Cloreto de níquel.

Solução de silicato de sódio (consultar preparo da solução)



Preparo da Solução

Pesar a massa de 8 g de silicato de sódio (Na_2SiO_3) e dissolver em 48 mL de água aquecida na temperatura de 70°C . Esperar esfriar e em seguida realizar o experimento com a adição dos sais.

Observação: se observar excesso de turbidez na solução adicionar cerca de 4 mL de água novamente.

Procedimento experimental

Adicione a solução de silicato de sódio até a metade do frasco e complete o volume com água. Misture a solução. Coloque, cuidadosamente, cristais dos sais citados na relação de materiais. Observe o que acontece. É possível usar sais diferentes com os mesmos cátions, desde que sejam solúveis em água.

O silicato presente na solução reage com os cátions dos cristais, formando precipitados gelatinosos ao redor dos cristais, que se comportam como membranas semipermeáveis. Durante o processo, a concentração de sal dentro da membrana, entre o precipitado e o cristal, fica mais alta que no restante da solução, e então, ocorre a osmose, a passagem de solvente do meio menos concentrado para o mais concentrado. A entrada de água provoca o estiramento da membrana e, em seguida, o seu rompimento. O cristal volta a ter contato com a solução e o processo se repete. As sequências de filamentos formados dão origem ao jardim de sais de silicatos.

Resultados e discussões

Complete o quadro conforme os resultados obtidos

Sal	Cátion	Cor observada
Cloreto de cobalto CoCl_2		
Sulfato de cobre (II) $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$		
Cloreto de níquel NiCl_2		
Nitrato de ferro $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$		



Pesquisa

- Qual a diferença entre o mineral encontrado em forma de bloco com o mineral comercializado em forma de sal. Exemplo mineral halita (bloco) e cloreto de sódio (NaCl) comercial?
- Escolha no mínimo dois minerais e explique suas formas de purificação e comercialização?



O Silicato de sódio neutro é aplicado na indústria de detergentes em formulações para aumentar a eficiência dos tensoativos. É usado também na indústria de papel e celulose, na construção civil para fabricação de pisos industriais e na indústria para produção de portas antiincêndio.

Fonte: [Aplicações do silicato de sódio](#)



O sulfato ferroso (FeSO_4) é um medicamento destinado ao tratamento e profilaxia de anemias por deficiências de ferro. Os suplementos de ferro são indicados na prevenção e no tratamento da anemia por deficiência de ferro, que resulta de uma dieta inadequada, má absorção, gravidez e/ou perda de sangue.

Fonte: [Sulfato ferroso no tratamento da anemia](#)

.....

Aula 06

.....

Birrefringência em materiais moleculares – Cristais líquidos

TEMPO: Atividades desenvolvidas em uma aula de 1h 40 min minutos é o tempo de duração de cada aula.

Conteúdo:

- Estudo das propriedades dos compostos iônicos e covalentes
- Interações intermoleculares

Objetivos

- Desenvolver atividades experimentais que permitam aos estudantes a estabelecerem as relações entre os compostos covalentes e iônicos.
- Discutir as propriedades das ligações químicas com o modelo estabelecidos e as interações intermoleculares

Metodologia

Desenvolver atividades experimentais demonstrativas no laboratório da escola, permitindo aos estudantes a realizarem comparação das propriedades dos compostos covalentes e iônicos, relacionado com o modelo proposto para as ligações químicas e as interações intermoleculares que ocorrem na formação de moléculas.

No período de aula será desenvolvida uma atividade experimental de uma mistura birrefringente de duas substâncias no estado líquido-cristalino. Após o experimento o professor irá usar como metodologia uma aula expositiva dialogada.

Desenvolvimento

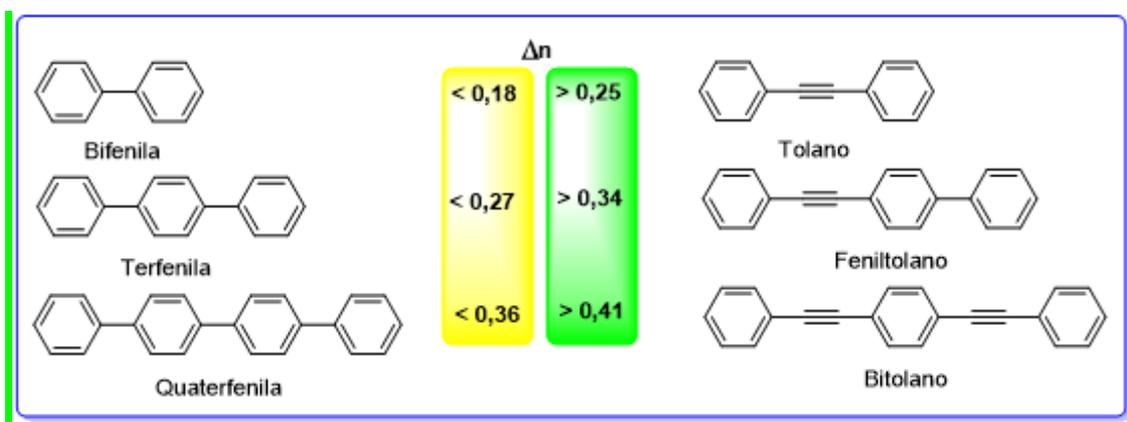
Cristais Líquidos (CL) são uma classe importante de materiais birrefringentes, assim como muitos minerais encontrados na natureza e discutidos neste projeto. O nome cristal líquido é derivado do duplo

comportamento desses materiais. São materiais fluídos, que escorrem e ao mesmo tempo apresentam o fenômeno da birrefringência.

Nesta aula vamos apresentar exemplos de moléculas com a birrefringência óptica de materiais anisotrópicos pode ser analisada através do uso do microscópio óptico de luz polarizada. No quadro abaixo é possível verificar a influência da inserção de ligações duplas e triplas em moléculas nos valores da birrefringência medida.

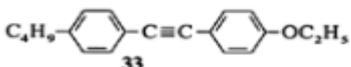
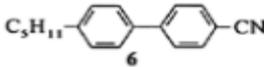
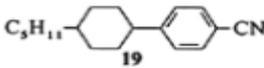
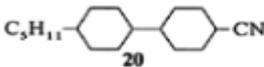
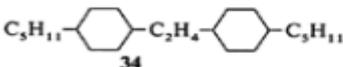
O quadro abaixo mostra a importância das insaturações e a interação com a luz. É importante notar que a birrefringência aumenta com o aumento do eixo molecular maior – ao longo dos anéis aromáticos e ligações triplas – A adição de anéis aromáticos incrementa a birrefringência em aproximadamente 0,7.

Quadro 08- Efeito da ligação tripla na birrefringência



Fonte: do autor, (2022)

Quadro 09 - Birrefringência associada aos CL selecionados. CL totalmente saturados apresentam os menores valores de índice de refração, e portanto, uma menor birrefringência.

Structure	Name	Empirical formula	Birefringence
 33	1-butyl-4-(4-ethoxyphenylethynyl)benzene	$C_{20}H_{22}O$	0.23
 6	4'-pentylbiphenyl-4-carbonitrile	$C_{18}H_{19}N$	0.21
 19	4-(4-pentylcyclohexyl)benzonitrile	$C_{18}H_{25}N$	0.16
 20	4'-pentyl-(1,1'-bicyclohexyl)-4-carbonitrile	$C_{18}H_{31}N$	0.08
 34	<i>trans,trans</i> -1,1'-(1,2-ethanediyl)bis-4-pentylcyclohexane	$C_{24}H_{46}$	0.06

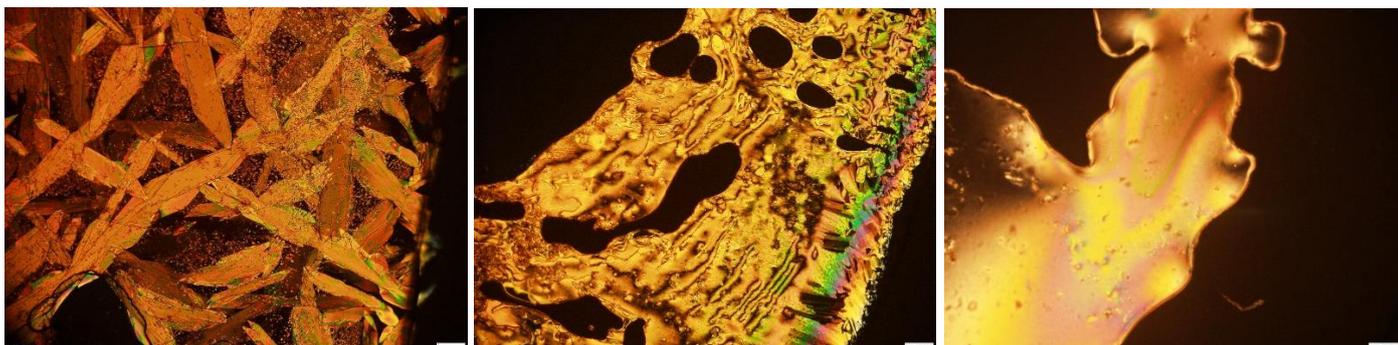
Fonte: do autor, (2022).

Como a microscopia óptica de luz polarizada (MOLP) auxilia na identificação de cristais líquidos?

A birrefringência óptica é observada através do uso de dois polarizadores orgânicos com orientação paralela e cruzados. Quando observados com MOLP as amostras de CL apresentam um comportamento fluído e birrefringente. Assim, o colorido observado é o resultado da anisotropia das moléculas de CL, da mesma forma que observamos em minerais quando analisados com MOLP.

Na figura 11 são mostradas as texturas de um cristal na fase sólida e na mesofase nemática observado com o auxílio do MOLP. Quando os dois polarizadores estão cruzados, a aparência do material se manifesta pelo surgimento de diferentes colorações que dependem das oscilações das moléculas anisométricas em função da temperatura. As regiões escuras (pretas) representam a fase líquida ou o vidro, enquanto as partes coloridas indicam birrefringência da amostra, quando os dois polarizadores estão cruzados num ângulo de 90° , em que o máximo de transmissão e de extinção do feixe de luz acontecem. Na fase cristalina observa-se os cristais formados sem fluidez da amostra, enquanto que na fase de cristal líquido, a amostra torna-se fluída e altamente colorida.

Figura 11. Textura de cristal líquido na fase sólida (esquerda) e de um cristal líquido na mesofase nemática em 166°C (centro) e 215°C (direita) observado com MOLP.

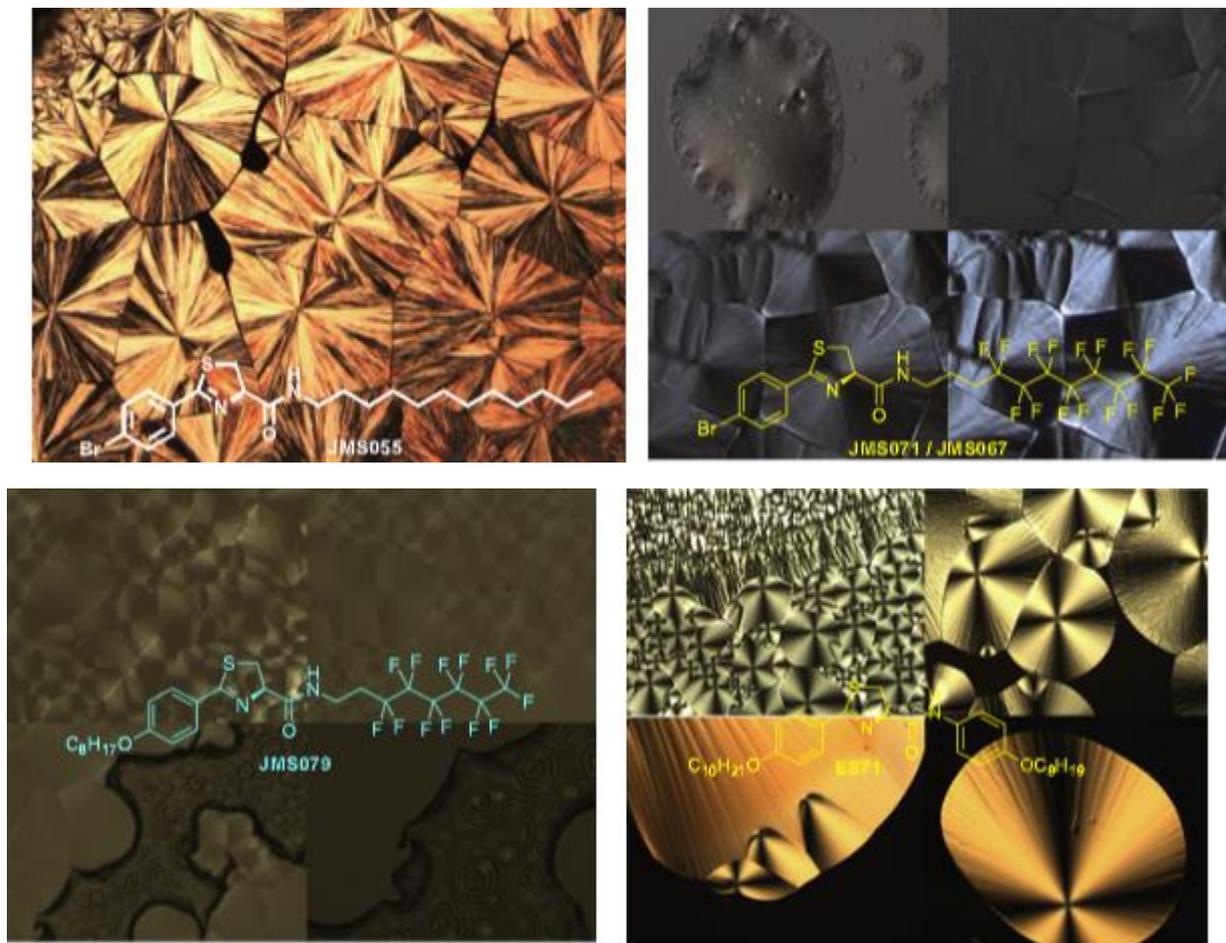


Na figura 12 abaixo são mostradas fotografias de diferentes compostos orgânicos que apresentam uma forma alongada de bastão. A birrefringência é resultado da distribuição eletrônica das nuvens de elétrons em duas orientações distintas – ao longo do eixo molecular maior perpendicular a esse eixo (fator de forma). Um outro fator que afeta a birrefringência é o fator estrutural que está relacionado com a natureza e com a quantidade de átomos e do tipo de ligação presente nas estruturas.

Na figura 12 (parte superior) o fator estrutura altera a aparência das fotos obtidas com auxílio do microscópio de luz polarizada, com polarizadores cruzados – átomos de hidrogênio e flúor constituem a cadeia flexível dos compostos JMS 055 e JMS 071. A aparência mais colorida da amostra JMS 055 é o resultado direto da interação intermolecular no empacotamento e da diferença de interação com a radiação eletromagnética (Luz visível) com os átomos de hidrogênio do que com os átomos mais eletronegativos do flúor. O fator estrutura e de forma na birrefringência é demonstrado na figura 12 parte inferior. A presença de anéis aromáticos e duas cadeias alquílicas em ES71 produz um padrão de birrefringência muito mais intenso

do que a amostra JMS 079, que apresenta apenas um anel aromático e uma cadeia alquílica e uma cadeia semiperfluorada.

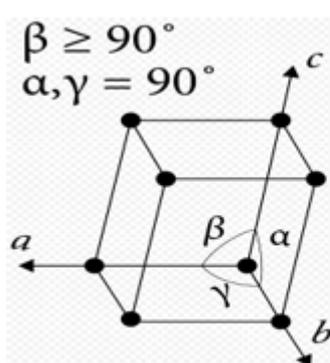
Figura 12- Fator estrutura (parte superior) e forma (parte inferior) de amostras analisadas com polarizadores cruzados a temperatura ambiente.



Birrefringência em cristais moleculares derivados de isoxazol Lu-75 e isoxazolinas Lu-64.

A análise da birrefringência de dois sólidos moleculares cristalinos foi feita com duas amostras denominadas de Isoxazol Lu-75 e Isoxazolina Lu-64. Os sólidos cristalinos foram recristalizados em etanol. A estrutura cristalina foi resolvida para ambos os compostos usando difração de raio X de monocristal, a 200K. Os dados estão listados abaixo com os parâmetros estruturais angulares das celas monoclínica e ortorrômbica dos compostos *supra-citados* estão apresentados a seguir, na Figura 13.

Figura 13- Parâmetros estruturais angulares das celas monoclínica e ortorrômbica dos compostos Isoxazol Lu-75 e Isoxazolina Lu-64.

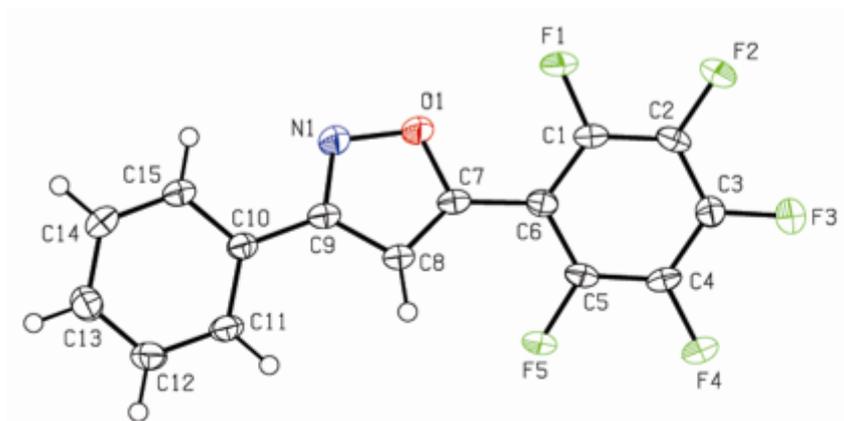


Fórmula empírica $C_{15}H_6F_5NO$
 Massa molar 311.21
 Temperatura 200(2) K
 Sistema Cristalino: Monoclínico

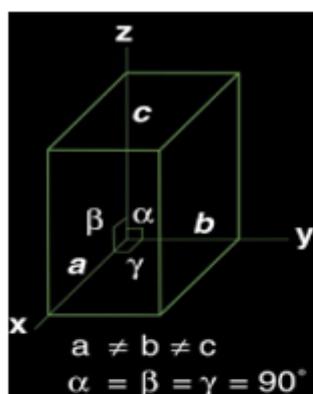
Dimensões da cela unitária

$a = 5.9486(10)$
 $b = 27.738(4) \text{ \AA}$
 $c = 7.3439(11) \text{ \AA}$

$\alpha = 90^\circ$.
 $\beta = 93.047(7)^\circ$.
 $\gamma = 90^\circ$.



Dados e estrutura cristalina para o isoxazol Lu75.



Fórmula empírica $C_{15}H_8F_5NO$
 Massa molar 313.22
 Temperatura 200(2) K
 Sistema Cristalino

$C_{15}H_8F_5NO$

Dimensões da Cela unitária

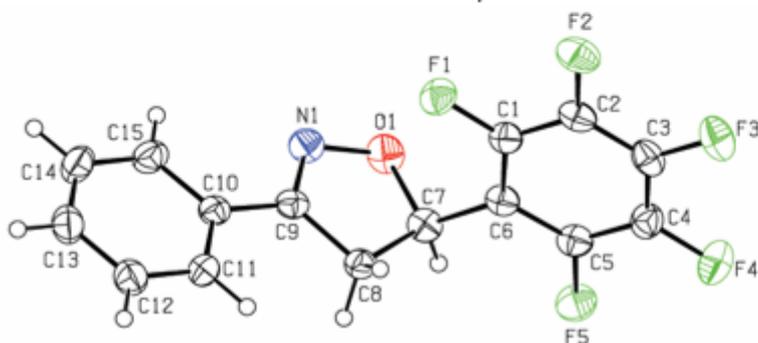
$a = 5.42210(10) \text{ \AA}$
 $b = 9.3338(2) \text{ \AA}$
 $c = 25.1912(6) \text{ \AA}$

Ortorômbico

$\alpha = 90^\circ$.

$\beta = 90^\circ$.

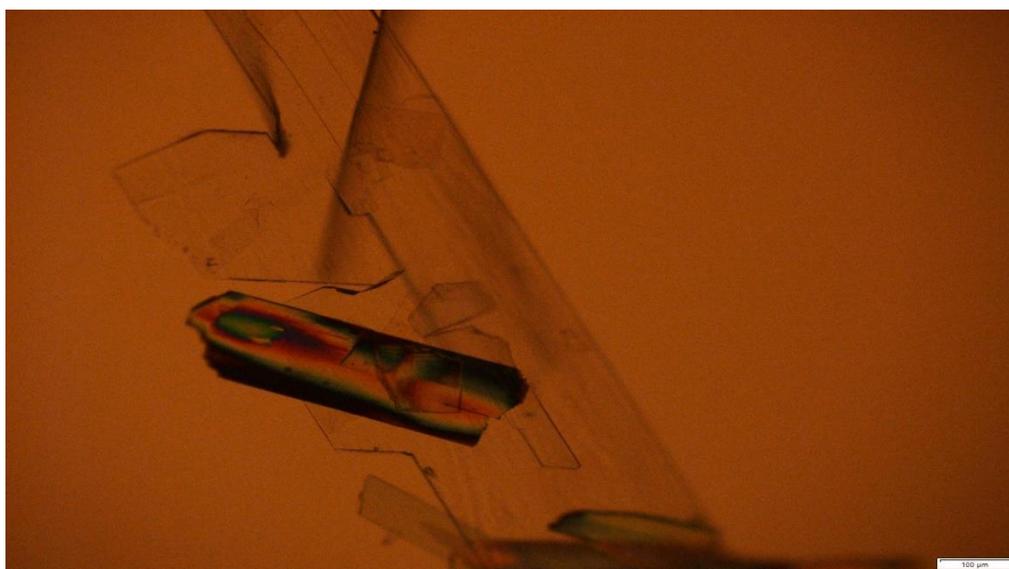
$\gamma = 90^\circ$.



Dados e estrutura cristalina para a isoxazolina Lu64.

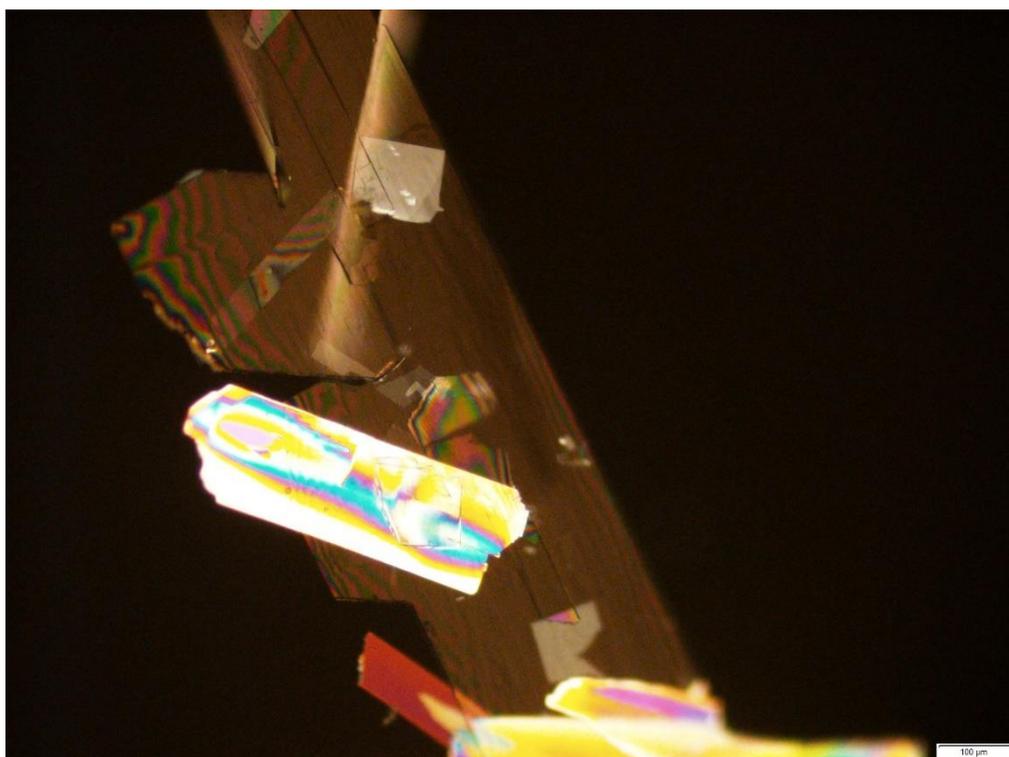
As figuras 14, 15, 16 e 17 apresentam micrografias das amostras Lu-75 e Lu-64 obtidas com luz natural e luz polarizadas. Quando as amostras são analisadas sob polarizadores cruzados, as micrografias apresentam um forte colorido, como resultado da anisotropia óptica dos cristais obtidos.

Figura 14- Fotografia do sólido cristalino Lu75, obtido sol luz natural via microscópio de luz polarizada



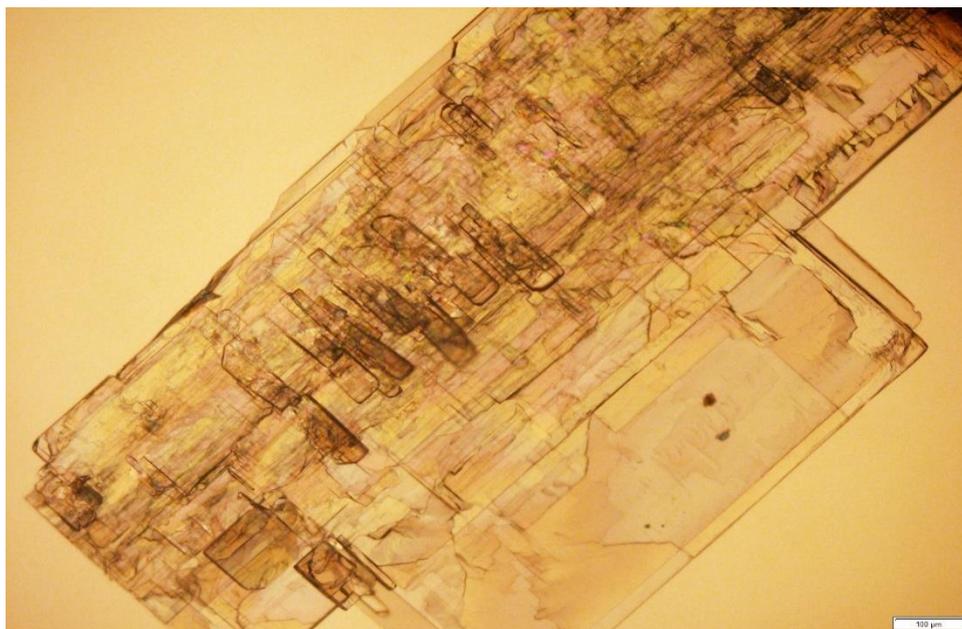
Fonte: do autor, (2022)

Figura 15- Fotografia do sólido cristalino LU 75 obtido sob polarizadores cruzados via microscópio de luz polarizada



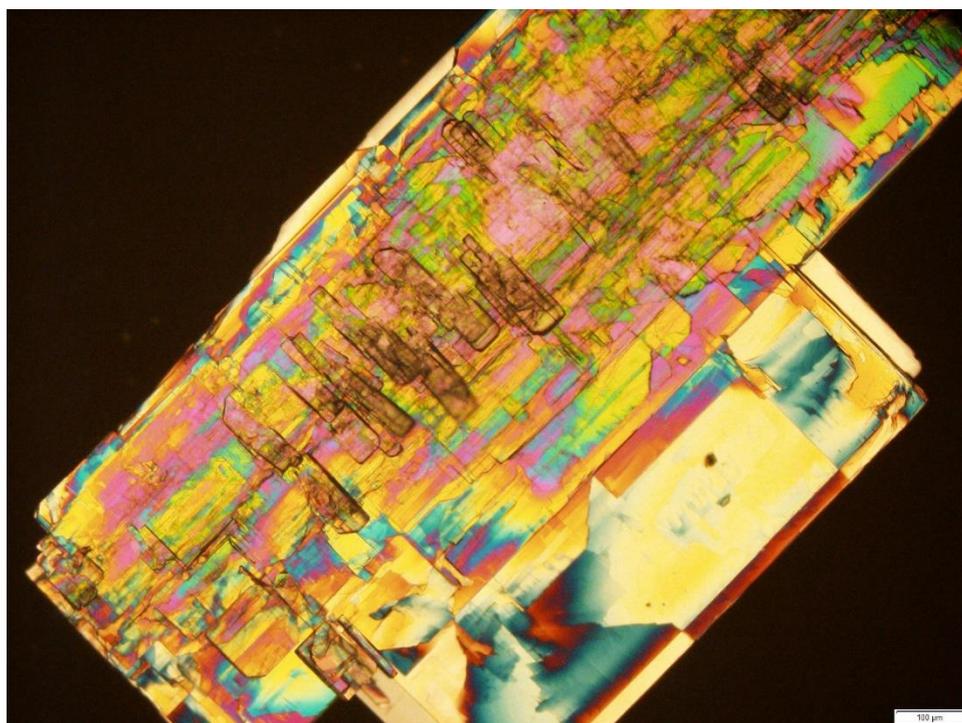
Fonte: do autor, (2022)

Figura 16- Fotografia sólido cristalino Lu64 obtido sob luz natural via microscópio de luz polarizada



Fonte: do autor, (2022)

Figura 17- Fotografia do sólido Lu 64 sob polarizadores cruzados via microscópio de luz polarizada

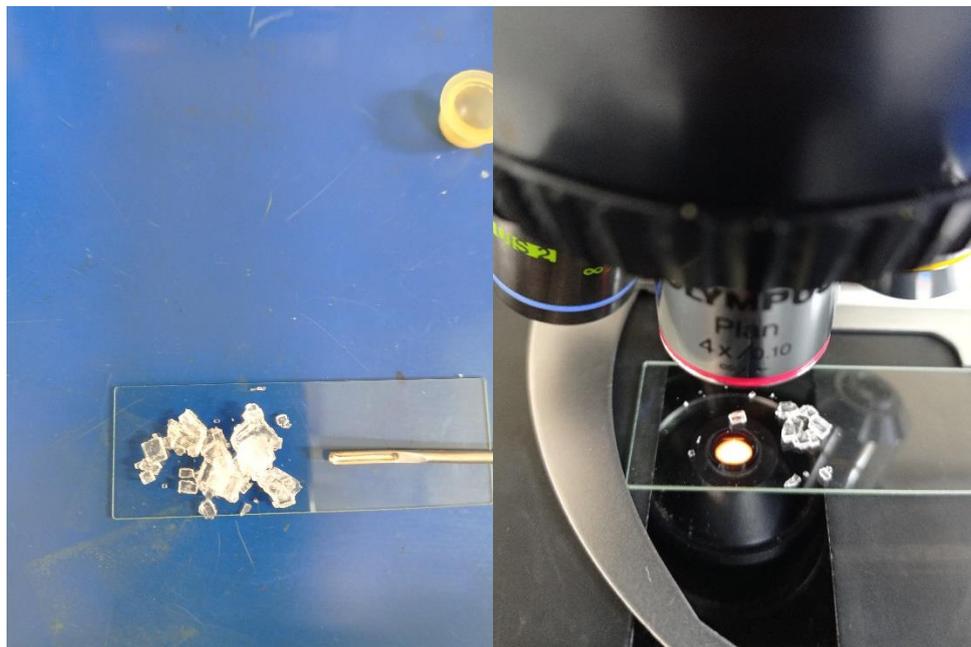


Fonte: do autor, (2022)

Birrefringência em cristais iônicos de cloreto de sódio e glicose.

Os Cristais do cloreto de sódio (NaCl) foram obtidos após a recristalização e evaporação lenta do solvente água, enquanto os cristais de glicose foram obtidos de produtos comerciais disponíveis.

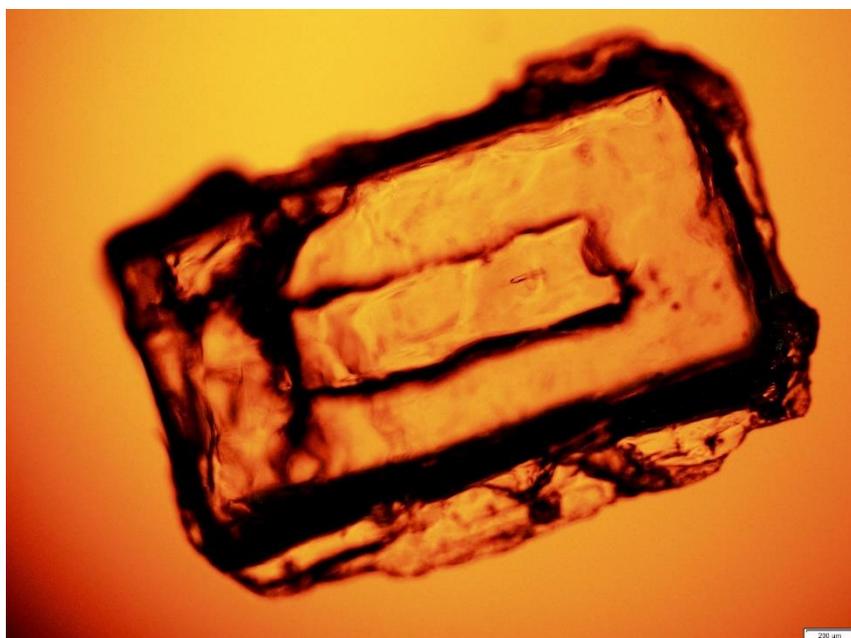
Figura 18- Amostras de NaCl em lâminas para observação no microscópio de Luz Polarizada Olympus



Fonte: do autor, (2022)

A sequência de fotos é do cristal do NaCl, que cristaliza no sistema cúbico, onde todas as medidas métricas e angulares são iguais, o que faz dele um sólido isotrópico. Então, quando analisado em um microscópio óptico de luz polarizada, com os polarizadores estão paralelos como na figura 18, a luz é transmitida integralmente em todas as partes. As bordas ficam escuras em virtude da imperfeições criadas nessas regiões após a evaporação do solvente ou deformações mecânicas. Os polarizadores estão alinhados na direção vertical da página ↑.

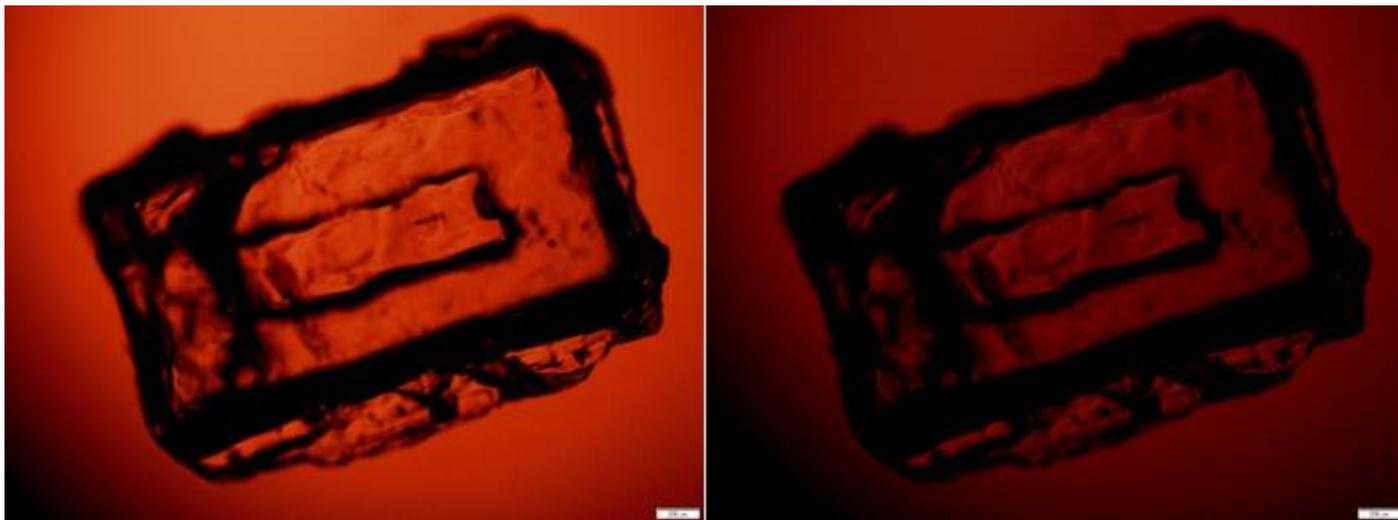
Figura 19- Cristais de NaCl, com dois polarizadores paralelos ↑↑



Fonte: do autor, (2022)

Na próxima sequência de fotos, o polarizador foi rotacionado em determinados ângulos até a extinção completa (ângulo de 90°). A foto totalmente escura mostra então que a luz é extinta no segundo polarizador é o observador não enxerga a estrutura do sólido cristalino. Isso é a principal evidência que o sistema é isotrópico.

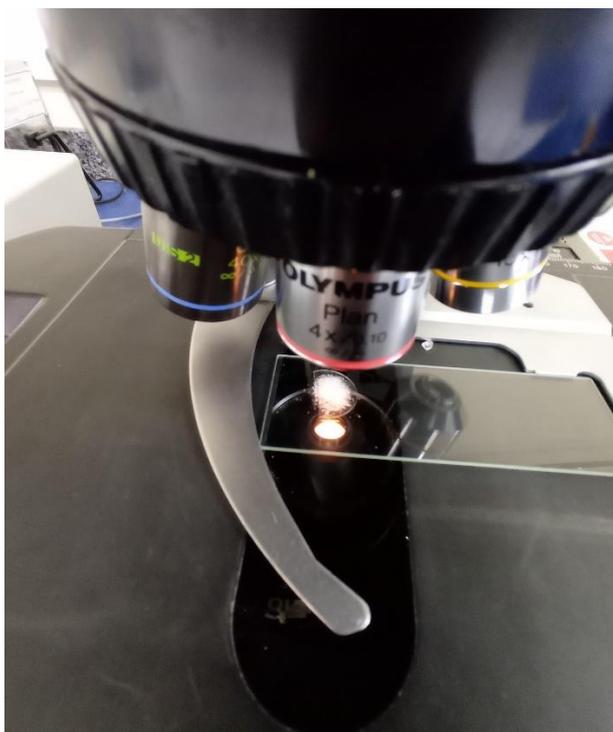
Figura 20- Cristais de NaCl em dois polarizadores perpendiculares $\rightarrow \uparrow$



Fonte: do autor, (2022)

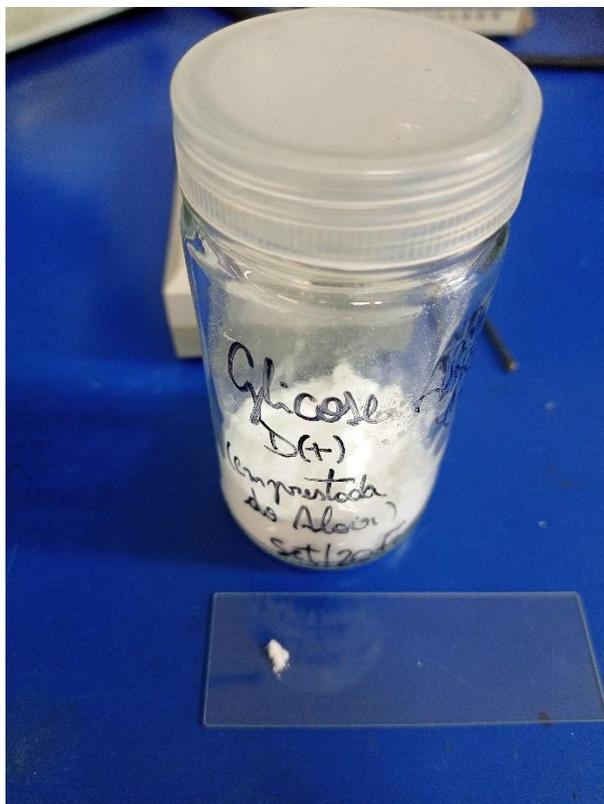
Cristais de Glicose

Figura 21- Amostras de Glicose em lâminas para observação no microscópio de Luz Polarizada Olympus



Fonte: do autor, (2022)

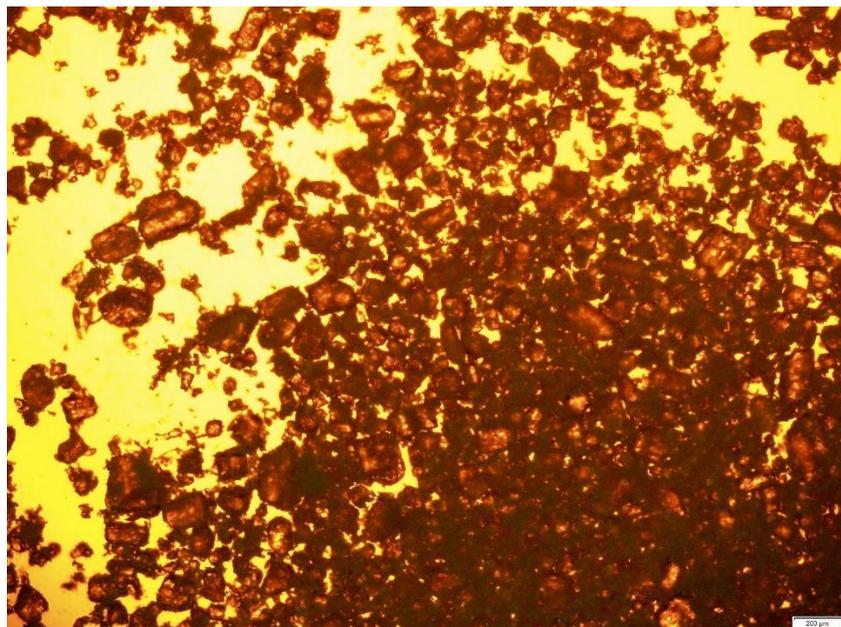
Figura 22- Cristais de D-(+)-glicose para analisar



Fonte: do autor, (2022)

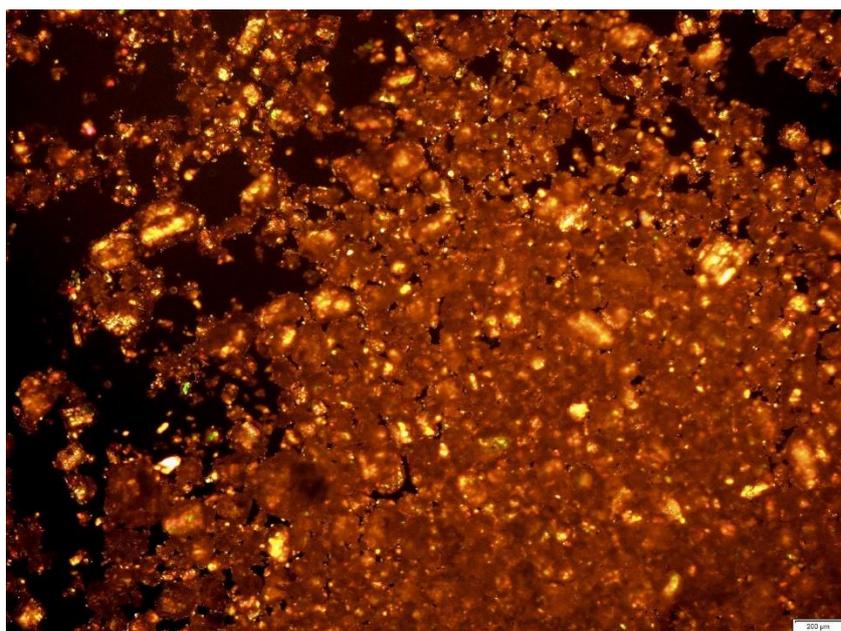
Nas duas figuras abaixo são as fotos dos cristais de glicose observados no microscópio de luz polarizada com os polarizadores em paralelo e cruzado. Observar que nas regiões que não apresenta amostra, o contraste claro e escuro é muito nítido, indicando então que esses cristais foram estruturas anisotrópicas em que as medidas métricas e angulares do cristal que eles pertencem não são todas iguais.

Figura 23- Glicose na temperatura ambiente com polarizadores paralelos ↑↑



Fonte: do autor, (2022)

Figura 24- Glicose na temperatura ambiente com polarizadores cruzados ↑ →



Fonte: do autor, (2022)

Conceitos importantes

A birrefringência determinada em compostos orgânicos é uma consequência direta da interação da luz (radiação eletromagnética) com os orbitais moleculares sigmas e pi e dos orbitais não ligantes (dos pares de elétrons isolados nos átomos). Quanto mais ligações insaturadas, maior é a interação da radiação eletromagnética com a amostra. Essa interação resulta numa diminuição da velocidade da radiação eletromagnética naquele meio.

Conforme mencionado anteriormente, o índice de refração é uma medida da velocidade da luz num meio em comparação com o vácuo. $N = c/v$; em que: c é a velocidade da luz no vácuo ($c = 3 \times 10^8$ m/s); v é a velocidade da luz no meio. No vácuo o índice de refração é UM (1,00) e na água vale 1,33. Note que se o índice aumenta, a velocidade da radiação eletromagnética no meio diminui.

O que induz a birrefringência

1. Estruturas com componentes com mais de um índice de refração;
Ex. **Uma esfera** – um único índice de refração da luz; **uma elipse** – com dois índices de refração
2. Estruturas ordenadas e compatíveis com o comprimento da luz branca (até ~110 nm).

Tipos de Birrefringência

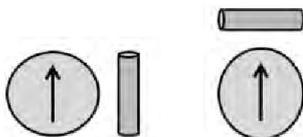
As formas mais comuns de birrefringência são:

1. *Intrínseca* – quando as ligações químicas são distribuídas naturalmente numa dada direção molecular



A figura que representa uma elipse representa moléculas com ligações C – C distribuídas naturalmente na direção vertical. A luz percorrerá esse material com duas velocidades de propagação – a mais rápida no sentido das ligações (vertical) e mais lento no sentido ortogonal as ligações.

2. *De forma* – quando as estruturas, com ou sem birrefringência intrínseca são regularmente orientadas dentro de um meio com um outro índice de refração. Ex. Moléculas na forma de bastão orientadas numa dada direção entre duas placas de vidro. Podes medir a birrefringência paralela ao bastão e perpendicular ao bastão



3. *De Estresse ou tensão* - materiais isotrópicos são tensionados ou deformados (ou seja, esticados ou dobrados) causando uma perda de isotropia física. Exemplo, os plásticos com deformações vistos através de polarizadores cruzados.



Atividade integrada

Pesquise nos livros didáticos de Física ou Internet sobre o índice de refração: conceitos, exemplos e fórmulas de cálculos. Medidas do índice de refração em sistemas que auto-organizam – índice paralelo e perpendicular ao alinhamento.

Assista ao vídeo de birrefringência na calcita, disponível em <https://aulas.usp.br/portal/video.action?idItem=23485&idVideoVersion=51668>olarização da luz-birrefringência.

Verifique o fenômeno da birrefringência em um cristal de calcita, disponibilizado pelo Professor.

ATIVIDADES DE CONTEXTUALIZAÇÃO

Você é um cientista descobrindo o mundo dos minerais



Identificação de Minerais

Teste com ácido clorídrico - carbonatos

Alguns minerais, por exemplo, carbonatos, reagem em contato com o ácido clorídrico, efervescendo, ou seja, desprendendo bolhas de CO_2 .

Em algumas amostras de minerais, pingue gotas de ácido clorídrico ($\text{HCl}_{(\text{aq})}$) e observe a efervescência. Pode ser feito o teste com alizarina S, que deixa a calcita azul e a dolomita com a cor rosa.

Mineral	Liberação de bolhas de CO_2	Ausência de liberação de bolhas de CO_2
Ametista		
Calcita		
Dolomita		
Hematita		
Halita		
Pirita		
Magnetita		

Teste com ácido nítrico - sulfetos e sulfatos

Alguns minerais da classe dos sulfetos reagem com ácido nítrico concentrado, com efervescência, formando solução amarela com separação de enxofre, S.

Em algumas amostras de minerais, pingues gotas de ácido nítrico ($\text{HNO}_{3(\text{aq})}$) e observe a efervescência.

Mineral	Presença da solução amarela	Ausência da formação da solução amarela
Ametista		
Dolomita		
Hematita		
Halita		
Pirita		
Magnetita		

Teste com ácido clorídrico - óxidos

Alguns minerais da classe dos óxidos reagem lentamente em HCl, formando uma solução esverdeada.

Mineral	Presença da solução esverdeada	Ausência da formação da solução esverdeada
Ametista		
Calcita		
Dolomita		
Hematita		
Halita		
Pirita		
Magnetita		

- Água oxigenada para identificar minerais de manganês, que também efervescem na reação química;
- Cobaltinitrito de sódio deixa os feldspatos potássicos com a cor amarela;
- Fosfomolibdato de amônio colore com a cor amarela clara os fosfatos;

REFERÊNCIAS

<http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/cd3/conteudo/recursos/7_video/Jardim_de_silicatos.pdf> Acesso em 23 de janeiro, 2021.

AFONSO, G.; PALMEIRA, D. M. O SETOR DE PEDRAS PRECIOSAS E SUAS DINÂMICAS. p. 1–126, 2009.

Assumpção, R. M. V. e Morita, T. **Manual de Soluções, Reagentes e Solventes**. Edgar Blucher, São Paulo, SP., 1968.

CAPOANE, V. Propriedades dos minerais. p. 1–7, [s.d.].

Crystals Geologyin <<https://www.geologyin.com/2014/12/what-are-crystals.html>>. Acesso em 23 de janeiro, 2021.

GALLOWAY, K. R.; MALAKPA, Z.; BRETZ, S. L. Investigating A ff ective Experiences in the Undergraduate Chemistry Laboratory: Students ’ Perceptions of Control and Responsibility. n. p 161, [s.d.].

GUARDA, Ananda. Mineralogia. – Indaial: UNIASSELVI, 2018. 179 p.; il.

Klein, C. & Dutrow, B. Manual de Ciência dos Minerais, 23a ed. Bookman, 2012

Mateus, Alfredo Luis. **Química na cabeça**. Belo Horizonte, 1ª ed., editora UFMG, 2001.

Navarro, G. R. B. & Zanardo, A. 2018. Tabela Determinação de Minerais. Rio Claro, São Paulo, Brasil. 222 p.

NEWMAN, D. T. C. DE. Federal, Universidade Resumo, Mineralogia Minerais, Propriedades li, Mineralogia. p. 1–5, 2012.

OHLWEILER, O. A., “**Química Inorgânica**”, Edgar Blucher, São Paulo, SP, volume I, 1970.

OLIVEIRA, R. V.; PIMENTA, D. B.; SILVA, M. R. S. L da.; DORNELES, E., P. **Utilização de Materiais Caseiros para Experimentação em Laboratório no Ensino de Química**. In: ENCONTRO NACIONAL DAS LICENCIATURAS, 5., 2014, Natal. Anais... Natal, RN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2014.

Ponto ciência. **Jardim de silicatos**. Disponível em

<http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/cd3/conteudo/recursos/7_video/Jardim_de_silicatos.pdf> Acesso em 23 de janeiro, 2021.

RODRIGUES, A. C. Tratamento de efluente do tingimento de ágatas por processo oxidativo avançado - técnica Fenton para degradação de Rodamina B. **Instituto De Pesquisas Hidráulicas E Escola De Engenharia**, p. 01–40, 2015.