

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

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO DE QUÍMICA INORGÂNICA COM A
TEMÁTICA MINERALOGIA**

VITOR MATHEUS SANDERSON

PORTO ALEGRE, ABRIL DE 2023.

VITOR MATHEUS SANDERSON

SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO DE QUÍMICA INORGÂNICA COM A
TEMÁTICA MINERALOGIA

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte da exigência para a obtenção do grau Mestre em Química. Orientadora: Prof.^a Dr.^a Silvana Inês Wolke e Coorientador Prof. Dr. Aloir Antonio Merlo.

Porto Alegre, abril de 2023

Dedico este trabalho aos meus pais que empenharam os melhores anos de suas vidas na manutenção da família e educação dos filhos e sempre estiveram disponíveis em ajudar em minhas tomadas de decisões.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pelo permanente apoio e respeito às minhas decisões, escolhas profissionais, à direção da escola pelo comprometimento na realização da pesquisa e na inserção de novas metodologias. Aos meus orientadores que sempre estiveram disponíveis para auxiliar no melhor andamento da pesquisa. Aos demais professores do Programa que sempre demonstraram entusiasmo em nos ensinar e aos colegas pelas trocas de aprendizagem.

“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos; lembre-se, tudo se desmancha no ar, menos os pensamentos”

(Paulo Baleki)

DECLARAÇÃO

A presente dissertação foi realizada inteiramente pelo autor, no período entre julho/2021 e março/2023, no Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul sob Orientação da Professora Doutora Silvana Inês Wolke e Coorientação do Professor Doutor Aloir Antonio Merlo.

Vitor Matheus Sanderson (Mestrando)

Profa. Dra. Silvana Inês Wolke (Orientadora)

Prof. Dr. Aloir Antonio Merlo (Coorientador)

RESUMO

O presente trabalho descreve a elaboração e aplicação do Produto Educacional Sequência Didática de atividades experimentais, elaborada em formato de roteiros detalhados para aulas. Foi escolhida a temática mineralogia, presente no cotidiano dos estudantes que vivem na cidade de Soledade, RS, conhecida como a “Capital das Pedras Preciosas”. Dentro da temática, foram trabalhados os conteúdos de funções inorgânicas, propriedades físicas e químicas de compostos e ligações químicas. O desenvolvimento de competências e habilidades vinculadas aos saberes químicos com enfoque no movimento da Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente (CTSA), foi capaz de fornecer aos estudantes subsídios que permitiram o enfrentamento de situações-problemas de seu cotidiano de modo crítico respeitando a autonomia da aprendizagem dos estudantes, tornando-os protagonistas ao interpretarem os fenômenos químicos envolvidos. Inicialmente, foi aplicado um questionário para o resgate dos conhecimentos que os estudantes possuíam acerca do assunto a fim de verificar as percepções dos estudantes a respeito de conteúdos previamente abordados em aula. Foram desenvolvidas, em seis aulas, atividades experimentais relacionando as propriedades dos minerais com os modelos de ligações químicas iônicas e covalentes. Através das análises dos textos produzidos pelos estudantes e do diário de bordo do professor, observou-se a construção do conhecimento químico através da metodologia aplicada. Segundo a avaliação dos estudantes, a metodologia foi facilitadora para o aprendizado da química inorgânica pois relacionava os conteúdos com a sua realidade local.

Palavras-chaves: cotidiano; mineralogia; ensino de química: abordagem CTSA.

ABSTRACT

The present work describes the elaboration and application of the Educational Product Didactic Sequence of experimental activities, elaborated in the format of detailed scripts for classes. The mineralogy theme was chosen because it is present in the daily lives of students living in the city of Soledade, RS, known as the "Capital of Precious Stones". This theme was used to teach contents of inorganic functions, physical and chemical properties of compounds and chemical bonds. The development of competencies and skills linked to chemical knowledge, with a focus on the Science, Technology, Society and Environment (STSE) movement, was able to provide subsidies to students that allowed them to face situations-problems of their daily lives in a critical way, respecting the autonomy of students' learning, making them protagonists when interpreting the chemical phenomena involved. Initially, a questionnaire was applied to rescue the knowledge that the students had about the subject in order to verify the perceptions of the students about contents previously addressed in class. In six classes, experimental activities were developed relating the properties of minerals with the models of ionic and covalent chemical bonds. Through the analysis of the texts produced by the students and the teacher's notebook, it was observed the construction of chemical knowledge through the applied methodology. According to the students' evaluation, the methodology was a facilitator for the learning of inorganic chemistry because it related the contents with their local reality.

Key-words: Mineralogy; teaching chemistry; STSE approach.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivos Gerais	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3. JUSTIFICATIVA	15
4. A ESCOLA LOCUS DA PESQUISA	18
5. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	21
5.1 A história de Soledade e os primeiros Garimpeiros	21
5.2 Capital Nacional das Pedras Preciosas	22
5.3 Os impactos ambientais e a atividade mineralógica	24
5.4 Fatores Econômicos e Socioculturais	30
5.5 O Mercado de trabalho e a qualificação profissional em Soledade	33
6. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	35
6.1 Metodologias com enfoque na Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente no Ensino de Química – CTSA	35
6.2 A Mineralogia no Ensino de Química Inorgânica	38
6.3 Ensino de Química através da Sequência Didática	44
7. PRODUTO EDUCACIONAL	47
7.1 Estruturação da Sequência Didática em Estudantes do Ensino Médio	47
7.1.1 Primeira aula - Resgate dos conhecimentos prévios	48
7.1.2. Segunda aula- propriedade dos minerais e substâncias químicas	49
7.1.3 Terceira aula- propriedade dos minerais	51
7.1.4 Quarta aula - propriedade dos compostos iônicos e covalentes	55
7.1.5 Quinta aula - propriedade dos compostos iônicos e covalentes - jardim de silicatos	57
Cátion (sal) Cor	61
7.1.6 –Sexta Aula Interações intermoleculares - cristais líquidos	58
8. PESQUISA	59
8.1 Caracterização da Pesquisa	59
8.2 Instrumentos utilizados para a coleta de dados da pesquisa	60
8.3 Resultados e discussões análises dos dados da pesquisa	60
8.4 Situação Problema da Pesquisa com Enfoque da CTSA	61
9. AVALIAÇÃO DA PESQUISA PELOS ESTUDANTES COM A INSERÇÃO DA TEMÁTICA MINERALOGIA	68
10 CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
REFERÊNCIAS	72
APÊNDICE A	80
APÊNDICE B	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fachada principal da escola	18
Figura 2- Relação dos estudantes com setor pedrista	19
Figura 3- Relação indireta dos estudantes/familiares com o setor	19
Figura 4- Localização do Município de Soledade/RS	23
Figura 5- Chapa de ágata de cor azul	27
Figura 6- Chapa de ágata da cor rosa, tingimento realizado com Rodamina-B	28
Figura 7- Taxa de exportação de pedras preciosas para seis maiores países exportadores	31
Figura 8- Ranking do comércio dos Estados Brasileiros exportadores de minerais brutos	32
Figura 9- Shopping da joia localizado às margens da BR 386	33
Figura 10- Vista aérea da estrutura industrial de mineração	33
Figura 11- Roteiro turístico Caminhos Preciosos	34
Figura 12- Educação com enfoque CTS	36
Figura 13- Etapas da metodologia com enfoque CTSA	38
Figura 14- Organização do kit de ensino	50
Figura 15- Kit de ensino produzido para as aulas de química	51
Figura 16- Estudantes realizando o teste da densidade	52
Figura 17- Adição de líquido na proveta para aferição do volume da amostra de mineral	53
Figura 18- Volume de água deslocado na proveta após adição da amostra de mineral	53
Figura 19- Estudantes determinando a massa, das amostras de minerais na balança	54
Figura 20- Resultados do teste de solubilidade	54
Figura 21- Estudantes participando da aula e elaborando seu relatório de aula por meio de questionários	55
Figura 22- Teste da condutividade elétrica utilizando materiais alternativos	56
Figura 23- QR-Code para acessar o vídeo disponibilizado para os estudantes	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Tratamento e separação dos efluentes do beneficiamento de ágatas-	28
Quadro 2 - Padrões máximos de emissão estabelecidos pela resolução CONSEMA 128/06 .	29
Quadro 3- Proporção dos elementos na composição da crosta terrestre.....	39
Quadro 4- Os 7 Sistemas Cristalinos e os 14 retículos de Bravais.....	40
Quadro 5- Características típicas de sólidos.....	42
Quadro 6- Descrição resumida das aulas com duração de 1h 40 min.....	47
Quadro 7- Minerais que compõem o <i>Kit</i> elaborado pelo professor	50
Quadro 8- Categorias de análise dos resultados.....	61

1 INTRODUÇÃO

No presente trabalho é descrita a elaboração e a aplicação do Produto Educacional, apresentado através de uma Sequência Didática para o ensino da química inorgânica. O eixo norteador foi a mineralogia e o produto educacional poderá servir como suporte para professores na elaboração de aulas de química.

O conceito de minerais, abordado no Componente Curricular de Geografia, é apresentado de forma muito ampla, incluindo aspectos físicos, químicos e biológicos. Contudo, esses aspectos podem ser usados para a preparação de aulas de química, nos conteúdos propriedades físicas e químicas dos materiais, elementos químicos, tabela periódica, modelo de ligações químicas, comportamento ácido/base, soluções, eletroquímica e cinética química.

A sequência didática foi elaborada para aplicação nas aulas do Componente Curricular de Química, com a inserção da abordagem Ciências, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Como material de apoio foram produzidos Kits de Ensino (KE) formados por amostras de minerais brutos de diferentes classes mineralógicas, para a utilização nas aulas. Essas amostras foram doadas por empresas da cidade de Soledade, RS. Dessa forma, o pesquisador elaborou um planejamento em consonância com o Referencial Curricular Gaúcho (RCG) (SEDUCRS, 2018) e possibilitou a criação e desenvolvimento de competências e habilidades do Ensino de Química.

A inserção de metodologias com enfoque na abordagem CTSA, permite as discussões sociais e ambientais de uma forma mais abrangente (SANTOS, 2008). Com o agravamento dos problemas ambientais e, diante de discussões sobre a natureza do conhecimento científico e seu papel na sociedade, cresceu no mundo inteiro um movimento que passou a refletir criticamente sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

O objetivo central, portanto, do ensino de CTSA na educação básica é promover a educação científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões (SANTOS; MORTIMER, 2002).

No cenário atual da educação brasileira, muitas vezes, são observados conteúdos com anacronismo e superficialidade em propriedades físicas dos materiais, reações químicas, sumarização da tabela periódica (BRITO; MASSONI, 2019). No presente contexto, observa-se que os estudantes estão tendo muitos conteúdos teóricos de forma fragmentada, assim a interpretação de fenômenos experimentais acaba ficando em segundo plano. No entanto, o educador compromissado deve saber conduzir os saberes escolares, do cotidiano, o resgate do

senso comum, permanecendo responsável com as suas metodologias de trabalho que sejam capazes de despertar em seus estudantes a criticidade e uma forma mais adequada de ensino, para a compreensão de seus respectivos estudantes.

Com essa nova visão, a Sequência Didática fornecerá aos educadores uma possibilidade de melhoria na formação discente, com a utilização de atividades experimentais, lúdicas e Atividades de Investigação (AI) abordando como Situação Problema (SP) “os minerais em nosso município, meio ambiente, saúde, tecnologia e economia”.

A escolha da abordagem na área de mineralogia e cristalografia, foi denominada pelo pesquisador “o brilho da química” sugere temas amplos que são capazes de superar a disciplinaridade e possibilitar a inovação e contextualização. Reforça-se que “[...] a ideia de temas amplos tem sido utilizada, até hoje, por educadores que desejam superar a disciplinaridade, articular os conteúdos no ensino entre si e com contexto de vivência dos escolares” (MALDANER; ZANON, 2001).

Outro aspecto relevante a ser destacado é a importância econômica dos minerais no Estado do Rio Grande do Sul e as pautas voltadas à saúde e à sustentabilidade. No contexto, referindo-se às cidades de Soledade e Ametista do Sul, percebe-se que seus processos de extração e lapidação, que consistem em três etapas: I- extração, II- tingimento (ágatas) e lapidação, III- importação e exportação, envolvem várias interações e conflitos entre sociedade e meio ambiente.

O estudo da gênese dos minerais envolve um amplo espectro com mais de 4.000 espécies válidas, podendo apresentar aspectos especiais e únicos (BRANCO; CHAVES, 2015), em destaque aos minerais (gemas) encontrados no Município de Soledade no Estado do Rio Grande do Sul. A facilidade na aquisição desses materiais na região torna fácil o desenvolvimento de atividades lúdicas e experimentais. Nesse sentido, entendemos que o estudo dos minerais e das substâncias elementares pode servir de apoio material e concreto para a elaboração das noções abstratas da Química Inorgânica (BRANCO; CHAVES, 2015).

Os minerais são divididos em doze grupos ou classes, conforme os átomos que constituem a composição química do mineral e a organização estrutural: elementos nativos, sulfetos, sulfossais, óxidos e hidróxidos, halogenetos, carbonatos, nitratos, boratos, sulfatos e cromatos, fosfatos, arseniatos e vanadatos, tungstatos e molibdatos, e silicatos (IC et al., 2012), que serão abordadas nos próximos capítulos.

Mineral é um elemento ou composto químico, que é normalmente cristalino e que foi formado por processos geológicos" (NICKEL, E.H. 1995). Sendo que alguns elementos

químicos podem ser extraídos dos minerais, como alumínio, ferro, zinco, urânio etc., de grande interesse industrial e de desenvolvimento tecnológico (BRANCO; CHAVES, 2015).

A criação da Sequência Didática (SD), voltada para a preparação de atividades experimentais no Ensino de Química, utilizando a mineralogia como principal ferramenta para abordagem desse assunto com estudantes, foi pensada para ser um material de suporte aos professores de química. O estudo de química busca compreender as características e os fenômenos da natureza que os cercam, explicando a constituição da matéria, em resumo, busca ensinar ao estudante a interpretar o seu cotidiano.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Desenvolver uma sequência didática para o Ensino de Química Inorgânica, partindo da temática mineralogia, buscando o desenvolvimento de competências que sejam capazes de desfragmentar os conceitos de química inorgânica, fornecendo aos estudantes uma visão crítica/argumentativa dos fenômenos químicos em seu cotidiano de forma contextualizada.

2.2 Objetivos Específicos

Introduzir o conceito de mineralogia em caráter químico;

Desenvolver competências e habilidades usando a temática mineralogia, estimulando o pensamento crítico dos estudantes por meio das Situações Problemas, meio ambiente, saúde e economia local;

Desenvolver conceitos que facilitem o entendimento das propriedades químicas envolvidas no ensino de química inorgânica;

Elaborar atividades experimentais que poderão ser utilizadas nos educandários e atividades contextualizadas com inserção de conceitos de química inorgânica.

Validar a Sequência didática, com a temática mineralogia com inserção da abordagem Ciência Tecnologia Sociedade Ambiente por meio de situações problemas.

3 JUSTIFICATIVA

Os conceitos de minerais, cristalografia e gemas (conhecidas popularmente como pedras preciosas pelos moradores locais) tem um grande potencial para o estudo da química inorgânica. Estes temas não são abordados de forma tão significativa nas salas de aulas do país, ficando mais uma abordagem geológica no Componente Curricular de Geografia. Assim emergiu a ideia e a proposta de inserir esses conceitos nas aulas de química na escola.

O despertar da presente inserção veio com um olhar especial à cidade de Soledade, localizada ao Norte do Estado do Rio Grande do Sul, conhecida como Capital das Pedras Preciosas, através do Projeto de Lei nº 3,819, de 2012 Câmara dos Deputados do Rio Grande do Sul. Para Palmeira (2009), no mundo dos minerais, Soledade revela um evidente crescimento econômico baseado na exportação de pedras preciosas.

Em concordância com Samrsl et al. (2007), entendemos que o estudo dos minerais e das substâncias elementares pode servir de apoio material e concreto para a elaboração das noções abstratas da Química Inorgânica. Ainda afirma Juchem et al. (2008) que os minerais, minérios e metais possibilitam a contextualização de temas sociais, econômicos, políticos, tecnológicos, ambientais, englobando o ensino de química.

A química Inorgânica é uma ciência que estuda as propriedades e composição dos minerais, fazendo necessário criar metodologias que irão ser utilizadas pelo autor para englobar e inserir esses conceitos, pois assim é contextualizada:

Não devemos limitar, nas aulas de Química, a falar somente de explosões e mudanças de cores que chamam a atenção. Falar de Química está intrinsecamente relacionada ao contexto social, seja na farmácia, no supermercado, no consultório odontológico, no posto de gasolina, na arte, na natureza (DURAND, 2015)

Dessa maneira, trabalhar esses conceitos torna-se extremamente importante e de grande valia aos processos de ensino aprendizagem e ao desenvolvimento do pensamento científico e, com ideias inovadoras, torna-se primordial trabalhar aspectos que inter-relacionassem os alunos ao seu meio de vivência, principalmente a partir do crescimento e desenvoltura da Ciência e da Tecnologia (SANTOS; MORTIMER, 2002).

¹ Projeto de lei nº 3819/12, da Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul (ALRGs), disponível no site www.camara.leg.br. Acessado em 16 de maio de 2021

Concordado com Dorhout (2001), a química inorgânica apresenta um desafio incomum no novo século. Essa área da química está em constante evolução e há necessidade do surgimento de novas descobertas de modelos científicos que exigem pesquisas e metodologias inovadoras, principalmente que estejam adaptadas para a realidade do Ensino Médio. Essa etapa servirá como base para toda a formação de conceitos, hipóteses e a formulação de resultados.

É sabido que é na primeira série desse nível de ensino que os estudantes se deparam com conteúdo de inorgânica. Nessa etapa, Dorhout (2001) afirma que os desafios para o novo século incluem a integração de novas tecnologias e novas químicas no laboratório e na sala de aula com um aprendizado prático e virtual.

O conhecimento científico referente à disciplina de química torna-se fundamental e necessário para o pleno desenvolvimento das habilidades e competências que são pertinentes à qualidade do processo de aprendizagem, bem como à satisfação positiva a que todo educador visa enquanto exerce sua exímia e contínua jornada de ensinar para o mundo do trabalho, para melhorar a sociedade, para a vida.

Dessa forma, a Sequência Didática poderá contribuir na formação de professores servindo como material de apoio para o desenvolvimento e a realização de aulas através de atividades contextualizadas.

Os educadores e estudantes precisam saber a importância dos processos de aprendizagem e uma formação sólida no ensino de química, pois está se tornando cada vez mais claro que atender às necessidades de aprendizagem de ciências de professores novos ou experientes requer que essas forças educacionais frequentemente opostas encontrem um terreno comum e estabeleçam maneiras de trabalhar juntas em uma relação sinérgica. (KELTER et al., 1996).

A química é o componente curricular, integrado à área da Ciências da Natureza e suas Tecnologias que concentra o estudo da matéria e suas transformações. Partindo desse pressuposto, é importante destacar que a escolha da temática mineralogia e cristalografia, presente no cotidiano dos estudantes, contribuirá para o entendimento dos diferentes conceitos que serão abordados em inorgânica e auxiliará na superação das dificuldades que delimitam a aprendizagem. De acordo com Pozo e Crespo (2009), é preciso fazer com que o estudante entenda os fenômenos do mundo que o cerca e não apenas a transmissão de conteúdos que dificultam seu entendimento.

O estudo de química o que busca é que os alunos cheguem a compreender algumas

características do mundo que os rodeia: as diferenças entre sólidos, líquidos e gases; por que um cubo de gelo derrete; como se propaga um cheiro por um quarto, quando, por exemplo, um vidro de perfume quebra, por que o mercúrio do termômetro dilata quando a temperatura aumenta, como arde o gás butano contido no interior de um isqueiro e por que o vidro de uma janela embaça quando se aproxima da chama. (POZO e CRESPO, p. 139, 2009).

Os professores exercem um papel fundamental na formação de cidadãos, sua função não é repassar conteúdos e conhecimentos, mas sim mostrar aos estudantes as relações que se aprende na sala de aula e na vida cotidiana.

Chassot (1990) vê na ação do educador muito mais do que um transmissor de conteúdo ou até um reproduzidor de conhecimento, mas alguém que educa em Química, isto é, faz com que a química seja também um instrumento para as pessoas crescerem.

Salienta-se, ainda, que para o professor de química é extremamente essencial ter uma formação sólida e qualificada, mas mais importante que isso é ter metodologias ativas adequadas à realidade de seus educandos para melhorar a qualidade da educação brasileira. Assim será desenvolvida a pesquisa com a produção de uma sequência didática para o de Ensino Química Inorgânica que ajudará a estimular os estudantes a se tornarem seres protagonistas do seu aprendizado, tornando-se pessoas mais críticas, com ideias e argumentos agregados ao seu desenvolvimento pessoal e intelectual.

O ensino de química inorgânica, portanto, é um grande desafio para os professores, pois muitos conteúdos são de difícil entendimento para os estudantes, pois muitos não conseguem relacionar o universo microscópico com o macroscópico. Nessa perspectiva, a inserção da mineralogia é capaz de romper com o ensino tradicional, com a visão do estudioso XIAO et al (2020), que argumenta que o conteúdo da química inorgânica é enorme e as formas são relativamente repetidas. Um método de ensino monótono pode resultar em uma aprendizagem reduzida, por isso as inovações tão necessárias.

4 A ESCOLA LOCUS DA PESQUISA

O Instituto Estadual São José está localizado no Centro da Cidade de Soledade, ao Norte do Estado do Rio Grande do Sul, ficando na área de abrangência da 25ª Coordenadoria Regional de Educação (CRE). Essa escola é constituída por uma comunidade diversificada e heterogênea, com diferentes situações socioeconômica e recebe estudantes de todos os bairros da cidade e, inclusive, do interior do município em decorrência do transporte escolar ofertado pela Prefeitura Municipal. A escola oferece à comunidade Soledadense as modalidades de Ensino Fundamental Séries Iniciais e Finais, Ensino Médio e Educação de Jovens e Adultos (EJA), sendo que o Ensino Médio é oferecido nos três turnos.

A infraestrutura presente no educandário foi capaz de proporcionar aulas diversificadas, pois conta com um laboratório de química com todas as vidrarias e variedades de reagentes para o desenvolvimento de atividades experimentais, um laboratório de ensino de ciências para professores e estudantes do Ensino Fundamental, um laboratório de informática, um anfiteatro para palestras, uma sala de vídeos e projeção, uma biblioteca, uma sala dos estudantes para trocas de aprendizados nas aulas que ocorrem no turno inverso, duas quadras poliesportivas sendo uma coberta e outra na área externa, dois projetores do tipo Datashow móveis para projetar em sala de aula e máquinas fotocopadoras e de impressão. O corpo docente é composto por professores atuantes no componente curricular de formação em licenciatura.

Figura 1- Fachada principal da escola.



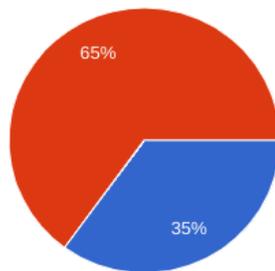
Fonte: do autor, (2022)

A Filosofia do Instituto Estadual São José, é encontrada no Projeto Político Pedagógico (PPP)

Promover uma educação que favoreça a construção de conhecimentos significativos, integrada a comunidade escolar, que proporcione o desenvolvimento de ações a partir de concepções de cidadania, de responsabilidade, de inclusão e de respeito à pluralidade étnica, social e cultural que leve o educando atuar de forma consciente na sociedade (Projeto Político Pedagógico, 2002).

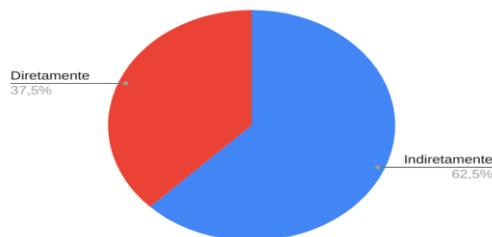
A escola em que foi aplicada a pesquisa é destaque pela sua tradição na busca do ensino no Município, tradição vinda de geração a geração, sendo a primeira escola a ter implantado o Ensino Médio da Rede Estadual de Educação. Outro fator em destaque a ser levado em consideração é a relação que a escola possui com colaboradores² do setor de mineração: 35% dos estudantes realizam trabalhos de forma direta (figura 2), destes 37,5% atuam diretamente na indústria e 65,5% atuam como prestadores de serviços, ou seja, são comerciantes, tingidores, lapidadores, *designer* de jóias e revendedores, figura 3.

Figura 2- Relação dos estudantes com setor pedrista



Fonte: do autor, (2022).

Figura 3- Relação indireta dos estudantes/familiares com o setor



Fonte: do autor, (2022).

O histórico da escola³ de aplicação na pesquisa, inicia-se em meados de 1936, com a vinda para Soledade da Ordem dos Frades Menores Capuchinhos, que criaram a entidade

² Dados obtidos por meio da aplicação do questionário socioeconômico da escola no ano de 2022, para elaboração do Planejamento Pedagógico.

³ Informações retiradas dos arquivos do Instituto Estadual São José, memórias e história do educandário e do site do educandário <http://www.petter.com.br/institutoestadualsaojose.com.br>.

beneficente Sociedade Literária São Boaventura, onde iniciaram suas atividades religiosas. No ano seguinte, foi aberta a Escola Primária São José, particular; em 1939, os freis Capuchinhos criaram o anexo à Escola Primária, o Ginásio São José. Já em 1944 funcionava regularmente o Curso de Admissão, com duração de um ano, onde os alunos aprovados poderiam ingressar no Curso Ginasial. A instalação solene do Ginásio São José deu-se em 15 de março de 1947, iniciando-se às aulas no mesmo dia. O grande batalhador que, desde 1936, não mediu esforços para tornar o Ginásio São José uma realidade, foi também o seu primeiro diretor: Frei Clemente Nova Bassano. Na época de sua oficialização, o corpo docente da escola era assim formado: Frei Clemente, diretor, Fioravante Pedrassani, professor e secretário; João Provin, Etelvino Pedrassani, Davi Piussi e Renato Teixeira, professores.

O Ginásio São José permaneceu como Escola Particular com esse nome até 09 de agosto de 1945, quando, pelo decreto estadual, número 17.415, foi transformado em Escola Estadual, com denominação de Ginásio Estadual de Soledade. No ano de 1949 deu-se início à edificação do prédio Ginásio São José, que foi concluído e inaugurado em dezembro de 1950. Trata-se do antigo prédio localizado na esquina da Av. Maurício de Cardoso com a rua Dr. Flores.

De 1956 a 1974, anexo ao Ginásio São José, funcionou a Escola Técnica de Comércio Frei Clemente. A partir de 1972, o então Ginásio Estadual de Soledade passou a funcionar no prédio construído pelo Estado, onde funciona atualmente, na Av. Pinheiro Machado, 526. Em 07-04-2000, através de votação da comunidade escolar, foi oficializado, através do ato da Secretaria da Educação do Estado, número 0093, que o Ginásio Estadual São José passaria a denominar-se Instituto Estadual São José.

5 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

5.1 A história de Soledade e os primeiros Garimpeiros

A história de Soledade é marcada por grandes acontecimentos e aqui descreveremos os principais fatos históricos encontrados em jornais, livros e contos por moradores locais, fazendo um apanhado geral, da narrativa que se inicia na abertura da Picada Botucaraí com a chegada dos Jesuítas, a chegada dos colonizadores Europeus responsáveis pela produção da implantação da indústria da pedra, as marcas da Batalha do Fão sagrando nossas Terras até os dias atuais.

A chegada do homem⁴ branco em Soledade foi datada de 1633, época marcada pelo limite das Colônias Portuguesa e Espanhola. Os primeiros homens brancos que tiveram contato com os indígenas que habitavam as regiões de mata virgem foram os missionários, discípulos de Santo Inácio de Loyola. O início da catequização dos índios pelo padre Roque González na Bacia do Rio Uruguai se estendeu até a Serra do Botucaraí e foi estabelecida a redução jesuítica de São Joaquim, nas margens do Rio Pardo, que hoje é o município de Barros Cassal.

Segundo a descrição do Padre Romero na história das missões narradas por Porto (1982), “era uma das reduções mais trabalhosas da Serra, a gente de lá está metida no mato e ásperas serranias. A redução de São Joaquim prosperou gradualmente.”

Após 10 anos da missão jesuítica, inicia-se a chegada da Bandeira do Paulista Antônio Raposo Tavares nos campos verdejantes da Serra. Foi marcada pela violência devastadora provocando diversas invasões sangrentas nas reduções jesuíticas dos padres espanhóis. Após esses confrontos, restaram apenas ruínas da redução de São Joaquim, que passaram a servir de abrigo para os índios selvagens.

No século XVIII, marcado pela fase áurea, se iniciou o desenvolvimento econômico na região dos Sete Povos de Soledade, com os ervais entre o Rio Jacuí e o Taquari, que davam sustento econômico aos sete povos, sendo a erva mate extraída, comercializada em Buenos Aires.

Os índios missioneiros começaram a frequentar a Serra do Botucaraí em 1716 para o fabrico da erva mate, ficando na região do Eral por alguns meses até o carregamento de seus

⁴ História de Soledade narrada no Livro disponível para pesquisa na Biblioteca Municipal de Soledade. VERDI, Valdemar. **Soledade das Sesmarias, dos Monges Barbudos, das Pedras Preciosas**. Ed Gesa, 1986. Não Me Toque

carros. Boatos foram espalhados que a região era formada por minas de ouro e prata que eram exploradas pelos padres da Companhia de Jesus.

O ano de 1801 foi marcado pela desintegração das reduções, dando fim às viagens dos índios da região ervateira de Soledade. O povoamento de Portugueses iniciou-se, mesmo sabendo que seus campos não apresentavam a mesma qualidade de Vacaria.

Em 1810 foi concretizada a abertura da picada Botucaraí, que foi responsável pela criação de uma comunicação entre Rio Pardo e Planalto. Também foi responsável pelo comércio da região do Rio Pardo com as Missões, sendo que esse caminho facilitou o deslocamento dos tropeiros. No livro *Soledade das Sesmarias, dos Monges Barbudos, das Pedras Preciosas* de autoria do Frei Valdemar Verdi-Frei Cirilo é descrita a chegada dos Alemães em Soledade trazendo as técnicas de extração e lapidação das pedras preciosas:

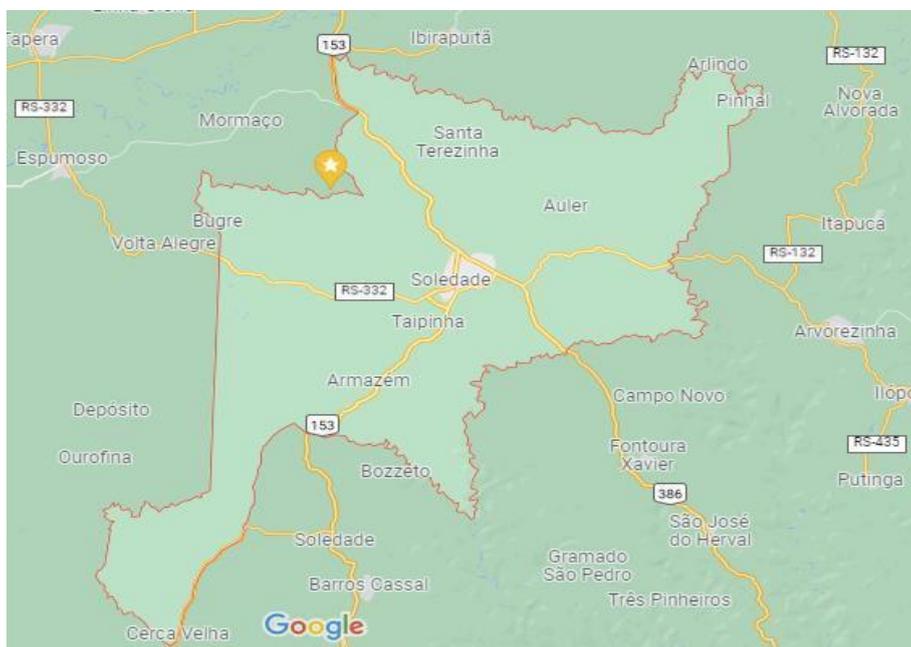
Uma jovem, Leni Boher, vivia feliz e sonhadora em sua cidade natal, Idar- Oberstein, na Alemanha Ocidental. O trabalho com pedras, minérios. Vinha de longa tradição na família Boher. Crescerá ouvindo barulhos de serras e vendo o trabalho de lapidação. O pai e os irmãos viajavam pelo mundo comprando e vendendo pedras [...]. Em 1956 Otto morador da cidade de Iraí encontra família alemã, de longa experiência em pedras, jóias e diamantes.

As técnicas do processo de lapidação dos minerais brutos, no Município foram ensinadas, por colonizadores alemães, bem como as atividades de industrialização Palmeira (2009). Esses imigrantes foram os descobridores das jazidas de ágata na Região Norte do Rio Grande do Sul e deram início à extração na região do Salto do Jacuí, que fazia parte do grande município de Soledade.

5.2 Capital Nacional das Pedras Preciosas

Soledade está localizada ao Norte do Estado do Rio Grande do Sul, no topo da Serra do Botucaraí, Figura 4, com uma população estimada de 31.067 habitantes, dados do ano de 2021 do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE), densidade demográfica de 24,70 hab/km². O Índice de Desenvolvimento de Educação (IDEB) das Escolas Estaduais do Município, na modalidade do Ensino Fundamental do ano de 2021, teve média de 5.7, sendo que a média geral estadual é 4,2.

Figura 4- Localização do Município de Soledade/RS



Fonte: Google maps (2022)

Soledade ficou conhecida como a Capital Nacional das Pedras Preciosas, através da aprovação da Comissão de Educação e Cultura (CE) projeto de lei PL 5.978/2019 do Senado Federal e a Lei Federal nº 3.819/2019, destacando a importância econômica do setor pedrista para a região e o estado.

Por ser conhecido internacionalmente, o município promove anualmente a Feira Internacional de Soledade (EXPOSOL), evento que ocorre nos meses de abril/maio nas dependências do Parque Centenário Rui Ortiz, localizado às margens da Rodovia Federal BR 386- Km 245 próximo ao trevo de acesso à Rodovia Estadual RS-332, que liga o município de Soledade às cidades de Barros Cassal e Espumoso. É oferecida uma moderna infraestrutura aos visitantes e comerciantes, dividida em pavilhões, principalmente o da pedra e o Museu da Pedra e da Mineralogia Egisto Dal Santos abertos para visitação ao público para conhecer o acervo de minerais, a história da pedra e uma atração virtual 3D de uma mina, em anexo ao Parque de Eventos. Destaca-se a variedade de minerais e gemas de diversas naturezas e de várias regiões do Planeta, ressaltando o brilho das pedras preciosas, expressão local para designar os minerais cristalinos raros de valor comercial agregado.

A EXPOSOL, atrai comerciantes e turistas de diversos Estados do Brasil e compradores de outros países dos continentes Europeu e Asiático. Desde a sua criação no ano de 2000, fazendo-se um comparativo até os dias atuais, a feira teve uma grande expansão de

expositores e de público, responsável pelo movimento econômico do Estado. Vale ressaltar que os expositores não são somente de Soledade, mas oriundos de outras regiões do Estado, a fim de comercializar os produtos do setor pedrista.

A feira é organizada em parceria entre a Prefeitura Municipal e Associação Pró-Desenvolvimento de Soledade (APROSOL), de acordo com (PALMEIRA, 2009) tem como objetivos

Buscar congregar os esforços do setor produtivo do município e da região, integrando as individualidades de cada empresa expositora, buscando os objetivos comuns. Assim, as diferenças dos diversos setores da feira constituem-se em atividades que se completam na busca do sucesso e da consolidação do evento como uma das maiores do gênero no Rio Grande do Sul e no Brasil.

Além das instituições já citadas, também se ressalta a importância do Sindicato da Indústria de Joalherias, Mineração, Lapidção, Beneficiamento e Transformação de Pedras Preciosas do Estado do Rio Grande do Sul (SINDIPEDRAS) fundado em julho de 1989. O sindicato atua como promotor da EXPOSOL, dando incentivos a cursos profissionalizantes na área de gemas e jóias, relação com a indústria pedrista no município. Segundo dados do SINDIPEDRAS, Soledade apresenta cerca de 180 empresas, onde 63 delas são associadas a APROSOL, e 150 a APPSOL, formando a Associação de Pequenos Pedristas. No ano de 2006, de acordo com o SINDIPEDRAS em seus dados estatísticos, o setor era responsável pela geração de empregos, sendo 1500 de forma direta e 4600 indiretamente, atualmente o município é formado por 200 empresas do ramo da mineração, sendo estas de pequeno, médio e grande porte.

5.3 Os impactos ambientais e a atividade mineralógica

O setor de pedras é de extrema importância para as questões econômicas de um país, estado, município ou região, fazendo com que ocorra geração de renda e emprego local, influenciando no desenvolvimento social, tecnológico e ambiental. Neste subitem, se faz um apanhado geral sobre os impactos ambientais gerados através da atividade extrativista dos minerais para sua comercialização.

A garimpagem surge no Brasil na época colonial, sendo que o desenvolvimento da atividade é relatado por Palmeira (2009)

Historicamente, na exploração dos garimpos foram empregadas técnicas rudimentares, na maioria das vezes realizadas por garimpeiros sem escolaridade, fazendo desta atividade um enorme risco. Por isso, nas regiões produtoras de minerais gemas existe uma enorme concentração de comunidades pobres e violentas.

No cenário extrativista, a garimpagem envolvia atividades pesadas, trabalho a céu aberto, ausência de equipamento de proteção individual (EPIs) que leva ao desenvolvimento de doenças nos garimpeiros. A falta de conhecimento tornou-se responsável pela geração de impactos ambientais sendo os principais a geração de resíduos sólidos, efluentes e emissões atmosféricas poluentes aos ecossistemas.

A extração mineral é responsável por provocar consequências ao meio ambiente e a saúde humana dos trabalhadores,

Quando a exploração é realizada sem técnicas adequadas e sem controle, origina a degradação ambiental, como os desmatamentos, perda de fertilidade do solo, erosão, assoreamento dos rios e esta geração de grandes quantidades de resíduos ficam depositados em locais que prejudicam a natureza. Trabalhadores que estão diretamente envolvidos no processo de extração mineral, estão expostos a efeitos lesivos à sua saúde, por manipularem substâncias nocivas (explosivos) e poeira mineral que afetam as vias respiratórias, o órgão mais atingido é o pulmão (MULINARI, 2011).

A principal doença que afeta os garimpeiros é a silicose conforme é definida por (SOUZA; MONTEIRO, 2019)

A silicose corresponde a um dos principais danos à saúde provenientes da exposição à sílica cristalina, em especial nos locais de trabalho nos quais o contato com este mineral é intenso. No Brasil, a silicose é considerada a doença pulmonar proveniente do trabalho, com maior prevalência.

Os autores (VIEIRA et al., 2012) ressaltam os impactos à saúde humana e ambiental em decorrência do processo de lapidação de materiais formados por sílica,

Nas empresas que efetuam o processo de lixamento e polimento de pedras preciosas, o maior problema enfrentado é o pó gerado no processo. Essa poeira se caracteriza como sendo um dos principais impactos ambientais do setor, pois devido a sua composição, acaba por causar as pessoas que com ela tem contato uma doença típica de atividades mineradoras, chamada silicose. A silicose é causada pela inalação de finas partículas de sílica que produzem inflamação e cicatrizações nos pulmões

A atividade extrativista nas jazidas ou lavras deve ser realizada de forma controlada e com cuidados necessários para redução de impactos ambientais e os seus efeitos negativos, mediante a aplicação e elaboração da gestão ambiental de um empreendimento, afirma (GRASSI et al., 2018)

São importantes o conhecimento e a divulgação dos aspectos ambientais. Previamente, deve-se conhecer os problemas relacionados à implantação e operação do empreendimento, por meio de instrumentos de avaliação de impacto e

planejamento ambiental. Após o diagnóstico dos impactos, pode-se adotar medidas de controle para evitar ou diminuir os danos ambientais.

Outro fator que cabe aqui ser citado, é a destinação do rejeito mineral, o lançamento no solo e o descarte incorreto, sendo que a falta do conhecimento das propriedades químicas, físicas e mineralógicas é um dos fatores responsáveis pelo descarte incorreto (TESSMANN, 2009). Atualmente as indústrias estão cuidando do descarte desses rejeitos, das formas de armazenamento e do reaproveitamento em decorrência da escassez de alguns tipos de minerais (BORGES; LUZ; FERREIRA, 2008).

A identificação de alguns aspectos ambientais, o processo extrativista e os impactos ambientais é detalhada por (GRASSI et al., 2018), destacando a perfuração e detonação poluição sonora e geração de material particulado na atmosfera; vibrações danos a flora, diminuição do nível do solo, fator responsável pela erosão; fragmentação de blocos oferece risco de acidente aos trabalhadores; transporte liberação de gases poluentes na atmosfera.

No município de Soledade, ocorreu nas décadas de 1970 e 1980 (GRADASCHI, 1989) a contaminação ambiental oriunda do tingimento de ágatas. No processo de tingimento é gerado grande quantidade de efluentes com carga química elevada que eram lançados no Arroio Bernardina, principal afluente do Rio Fão, responsável pela economia de moradores de cidades do Vale do Taquari, servindo para abastecimento de água e geração de energia elétrica distribuída pela Cooperativa de Distribuição de Energia Fontoura Xavier (CERFOX). Conforme moradores locais e reportagens da mídia vinculada ao município, há relatos⁵ que em alguns dias a água do arroio amanhecia com tonalidades diferentes:

Quando éramos crianças costumavam brincar no arroio em um poço onde hoje tem a casinha da Corsan, na época a água era limpa, meus irmãos pescavam, quando eu já era mais velha começou a se instalar as primeiras fábricas de pedras, eu naquele tempo não sabia que elas iriam fazer, mas conforme o tempo ia passando comecei a observar que alguma coisa estava acontecendo em nosso rio, uns fatos estranhos da água ser colorida e a morte de peixes. (EL, 2021)⁵

Reportagem retirada dos meios de comunicação Tua Rádio (2016) “água do Arroio Bernardina amanhece avermelhada e moradores ficam assustados em Soledade”, esse fenômeno pode ser explicado pelo assoreamento quando água de rios e córregos recebe grande quantidade de nutrientes provocada ocupações desordenadas, desmatamento, projetos de urbanização, (PASSOS, 2019) ou outro fator é o despejo incorreto de resíduos industriais.

⁵ Entrevista a morador local que vivenciou as situações na época antes do Arroio Bernardina ser contaminado. O mesmo solicitou que seu nome não fosse divulgado.

Outro aspecto a ser levado em consideração é o lançamento de substâncias químicas no corpo hídrico, por exemplo, a xispa utilizada para polimento de chapas de ágata. O processo de polimento era através por meio da diluição 1:20 (1 L de xispa em 20 L de água), deixando as chapas eluidas em um curto intervalo de tempo, e após esse processo, o efluente era descartado inapropriadamente (SANDERSON, 2021). A xispa utilizada no processo de polimento das chapas de ágata é um detergente, que apresenta em sua composição química ácido fluorídrico, ácido nítrico e alcalinizantes, responsável pela remoção de impurezas deixando a superfície das ágatas lisas e brilhosas, em decorrência da reação química dos ácidos com o silício do mineral.

A geração de efluentes é de origem inorgânica e orgânica, formado por diversas substâncias químicas que, muitas vezes, são moléculas complexas, por exemplo a Rodamina-B encontrada em águas residuais (WERMUTH; LAWISCHZ et. al, 2013). Outro fator é o grande consumo de água utilizada nos processos de tingimento de chapas de ágatas.

Os efluentes industriais gerados pela indústria pedrista do Rio Grande do Sul, apresentam características distintas. De acordo com a coloração da ágata desejada, os corantes variam de óxidos ou sais inorgânicos que são responsáveis pela coloração vermelha, verde, azul e preta, enquanto os corantes orgânicos conferem as cores verde, rosa e roxa (RODRIGUES, 2015). O mesmo autor cita que as “características dos efluentes variam em relação ao corante utilizado, mas ainda possuem surfactantes utilizados na lavagem das peças após o banho, conferindo ao efluente outras características, além de uma simples solução de água ou álcool etílico com corante.” Nas Figuras 5 e 6, são apresentadas imagens de ágata de cor azul e rosa, respectivamente.

Figura 5- Chapa de ágata de cor azul



Fonte: do autor, (2022)

Figura 6-Chapa de ágata da cor rosa, tingimento realizado com Rodamina-B



Fonte: do autor, (2022).

Para os autores Carissimi e Schneider (2010) a atividade de lapidação de ágata envolve outros aspectos ambientais nos processos, tais como a serragem, lixamento e polimento que conferem ao efluente a presença de metais, óleos, surfactante e moléculas orgânicas. Portanto, os autores destacam a importância do tratamento e as etapas de separação dos resíduos.

Quadro 1- Tratamento e separação dos efluentes do beneficiamento de ágatas

Efluente	Principais contaminantes	Operações unitárias do tratamento	Reaproveitamento do lodo
Corte e lavagem dos geodos	Óleos, surfactante e materiais particulados	Coagulação/floculação Sedimentação e flotação adsorção	Extração por solvente para a recuperação do óleo
Tingimento inorgânico vermelho	Ferro e acidez	Neutralização e precipitação	Dissolução do ferro em ácido e retorno do mesmo ao processo produtivo ou produção de pigmentos amarelos (goetita), vermelhos (hematita) ou pretos (magnetita).
Tingimento inorgânico verde	Cromo e acidez	Redução do Cr^{6+} para Cr^{3+} , neutralização e precipitação	Produção de pigmentos verdes (óxido de cromo – Cr_2O_3) ou como fonte de cromo para a produção de liga ferrocromo (insumo na produção de aço inoxidável).

Tingimento inorgânico azul	Cianeto alcalinidade e	Oxidação do cianeto, neutralização e precipitação.	Produção de pigmentos amarelos e vermelhos.
Tingimento orgânico	Corantes orgânicos	Processos oxidativos e adsorção	Não há produção de lodo

Fonte: adaptado de Carissimi e Schneider (2010)

De acordo com RODRIGUES (2015), o efluente de Rodamina B apresenta intensa coloração e odor desagradável, possui altos valores de Carbono Orgânico Total (COT) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), assim como baixa tensão superficial e alteração do pH natural da água dos mananciais. É considerado pelos químicos das empresas como um efluente de grande dificuldade de ser degradado, devido às suas propriedades químicas.

Em decorrência da contaminação dos ecossistemas aquáticos no Município, foram criadas no Estado resoluções rigorosas a respeito do lançamento de efluentes no meio ambiente. Essas foram elaboradas pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA) – resolução nº 128 de 2006, que estabelece os padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos no Estado do Rio Grande do Sul atendendo os seguintes padrões: Os valores de DQO são estabelecidos pela vazão inferior de 20 m³/dia, valor de vazão Q, das empresas de tingimento de ágata (RODRIGUES, 2015), Resolução- nº 355/2017 estabelece que a coloração de efluentes líquidos de fontes poluidoras não deve alterar a cor do corpo receptor.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) publicou a Resolução 430/2011, que estabelece os parâmetros de toxicidade: o efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de ecotoxicidade estabelecidos (MISTURA, 2019).

Quadro 2- Padrões máximos de emissão estabelecidos pela Resolução CONSEMA 128/06.

Parâmetro	Limite máximo
DBO5	180 mg/L de O ₂
DQO	400 mg/L de O ₂
SS	180 mg/L
pH	6 -9

Fonte: adaptado da Resolução CONSEMA 128/06 (2006)

Atualmente, as empresas do ramo de minerais, pedras preciosas e gemas são fiscalizadas por órgãos ambientais competentes. Devido ao seu potencial poluidor, as empresas são licenciadas pela Fundação Estadual de Proteção ao Meio Ambiente (FEPAM) que é o órgão responsável em realizar os processos de concessão de licenças ambientais para as atividades de abertura de garimpo e as lavras de ágatas, as estações de tratamento de efluentes (ETE), atividades de corte, lapidação e polimento. Para a concessão das licenças ambientais de operação (LO), são exigidos responsáveis técnicos presentes no empreendimento. Conforme a resolução do CONSEMA 372/2018, que dispõe sobre os empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental.

5.4 Fatores Econômicos e Socioculturais

A economia da Região do Alto da Serra do Botucaraí, Salto do Jacuí e Alto Uruguai se destaca pelas atividades de extração de minerais, principalmente de Ametistas e Ágatas, responsáveis pela geração de empregos.

O Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos (IBGM) descreve o Brasil como uma das principais províncias geológicas do mundo e tem sido, ao longo dos anos, um grande produtor e exportador. Estima-se que o Brasil seja responsável pela produção de cerca de 1/3 do volume das gemas do mundo, exceto dos minerais diamante, rubi e safira, (IBGM, 2006).

Para Rosa et al (2013), no Brasil o setor mineral desempenha um papel importante no âmbito nacional e internacional, tendo significativa relevância na economia do país.

Segundo (RIBEIRO; SILVA, 2008), há poucos dados sobre o mercado de gemas e a economia brasileira.

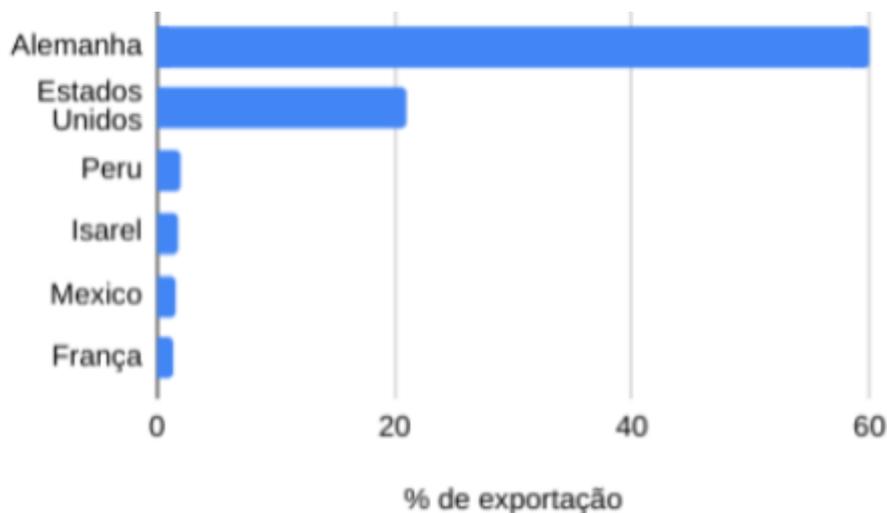
[...] no contexto do mercado mineral brasileiro, recebe pouca atenção. Mesmo considerando o fato de ser uma atividade de destaque para algumas regiões do País, as bases de dados são pouco atualizadas e os estudos sobre o tema são quase sempre técnicos, sem visão econômica mais aprofundada.

Os autores acima afirmam que o Brasil apresentou um crescimento na exportação nos últimos cinco anos, que caracteriza uma taxa de 68,11%, sendo que o Brasil é maior exportador do que importador. O Brasil é um dos maiores produtores de pedras preciosas do mundo, tendo a União Europeia como um dos principais destinos para as exportações deste produto (SCHILLER; PLATCHEK, 2020).

Os principais minerais exportados são as ametistas, que estão contidas em geodos, pelo seu valor comercial agregado, e chapas de ágatas tingidas para valorização financeiras de seus adornos. De acordo com (SCHILLER; PLATCHEK,2020), é no Brasil que são encontradas as maiores jazidas dessas variedades de quartzo (IBGM, 2010).

Segundo dados do site Fazcomex⁶,os países que mais importam pedras preciosas são Alemanha, Estados Unidos da América, Peru, Israel, México e França, cujo percentual de exportação está apresentado na Figura 7 - dados atualizados do ano de 2019. O Brasil é considerado o maior exportador mundial de pedras preciosas em estado bruto, essa posição cai para sexto quando são analisadas as exportações de pedras lapidadas.

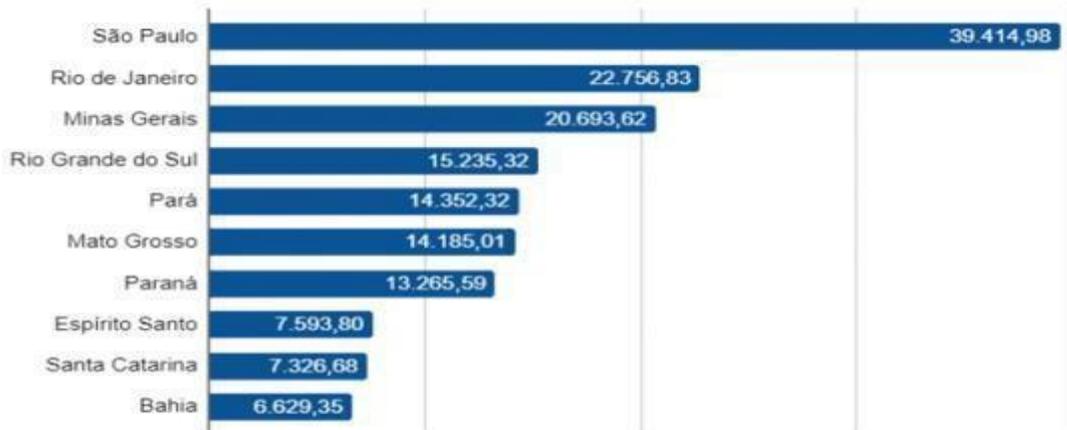
Figura 7- Taxa de exportação de pedras preciosas para seis maiores países importadores



Fonte: adaptado de Fazcomex, (2019)

Barbosa (2004) afirma que muitos minerais são exportados brutos para países asiáticos, principalmente a China, tendo como objetivo levar o material para ser lapidado e depois exportado para outros países. Como citado anteriormente, a EXPOSOL contribui significativamente para a economia regional, servindo de espaço para a comercialização de produtos do setor pedrista. A Figura 8 ilustra o ranking dos estados brasileiros exportadores de minerais brutos.

⁶ <https://www.fazcomex.com.br/exportacao/> acessado em 03 novembro 2022.

Figura 8 - Ranking do comércio dos Estados Brasileiros exportadores de minerais brutos

Fonte: ComexVis, (2019)

Os principais países importadores de minerais de Soledade são os Europeus, tendo como compradores Alemanha, Inglaterra e Itália e os Asiáticos, China e Índia; que buscam a compra de Ametistas e Citrinos, peças destinadas a museus e decorações. Essa compra é feita de duas maneiras: diretamente via empresa/comprador ou por terceiros, ditos como representantes comerciais.

Para o município de Soledade a economia é proveniente da agricultura, serviços e empresas de pedras sendo essas empresas responsáveis pela geração significativa de empregos e vendas de seus produtos. Destacam-se as empresas⁷ de grande porte, que são as que mais têm geração de empregos, enquanto que as empresas pequenas são responsáveis pela terceirização das vendas para as empresas maiores, vendendo seus produtos, por exemplo, ágatas tingidas. As maiores empresas são as que detêm as exportações para países do exterior. Soledade também ficou conhecida mundialmente pela beleza das pedras preciosas. Trazendo moradores de outros países, como os chineses, que vêm em busca de representação comercial.

Além dessas empresas há uma diversidade de lojas espalhadas, que vendem objetos e joias de minerais de diferentes naturezas e diversificadas formas e formatos. Muitos vendedores instalaram seus pequenos estabelecimentos comerciais espalhados às margens da BR 386, pela facilidade de viajantes que ali passam e param. Também há o Shopping da Joia, Figura 9, que ocupa um espaço doado pela prefeitura municipal, para a comercialização de joias, com uma estrutura moderna.

⁷ Dados obtidos por meio de entrevistas aos proprietários das empresas instaladas no Município de Soledade.

Figura 9- Shopping da Joia localizado às margens da BR 386



Fonte: tua rádio, (2019)

As maiores empresas para a comercialização e lapidação de pedras, são a LEGEP Mineração, ML Pedras Preciosas, HL Pedras Preciosas, Colgemas, Ametista Sul Pedras, Dijhal Gemas e Bagatini Pedras.

Figura 10- Vista aérea da estrutura industrial de mineração



Fonte: TripAdvisor, (2022).

5.5 O Mercado de trabalho e a qualificação profissional em Soledade

O Município de Soledade, como já citado em capítulos anteriores, se destaca pela economia proveniente do setor pedrista, agricultura do cultivo de soja, milho, gado e agroindústria familiar e setor de serviços.

No cenário atual de Soledade destaca-se uma constante expansão no mercado de trabalho, sendo importante salientar que até 2018 só existiam empresas do ramo da mineração, e, após 2018, novas empresas chegaram no município, como as indústrias do setor de abates de aves e rações.

Os moradores locais e os novos moradores, que vem em busca de emprego, hoje encontram mercado de trabalho bem avançado e diversificado em setores da economia, por

exemplo, agricultura, indústria pedrista, indústria e abatedouros de aves, indústria de ração animal, comércio local, sistema de cooperativismo, construtoras, instituições financeiras e outras modalidades de geração de emprego e renda.

Para Becker (2012), Soledade aposta na gestão e na qualificação do setor de joias, para se tornar polo joalheiro da América Latina, com a implantação do Centro Tecnológico de Pedras Gemas e Joias do Rio Grande do Sul (CTPedras) para pesquisas, Centro Profissionalizante Lazaro Ortiz, responsável por ofertar cursos técnicos no setor de designer de joias e lapidação de ágatas. O SENAI-RS, que é uma instituição privada de interesse público, oferece qualificação profissional de interesse industrial. Todas essas instituições visam a qualificação para o mercado de trabalho.

Conforme cita o colunista Becker (2012) a frase “no meio do caminho tinha uma pedra e ela virou joia”, remete à analogia da importância de profissionais capacitados para polirem e lapidar minerais brutos para serem comercializados no Brasil e no Exterior, transformando em belíssimas peças de luxo, inclusive para novelas de redes de televisão, que reluz em bons negócios para a economia e no desenvolvimento regional.

Soledade mira no turismo com a implantação do roteiro “Caminhos Preciosos” criado em dezembro de 2017 pela Prefeitura Municipal, em parceria com Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER-RS), proporcionando diversas atrações, contemplando o brilho das pedras, a culinária germânica, sendo que todo o roteiro é feito em um dia, com agendamento prévio, Figura 11.

O roteiro do turismo de Soledade inicia-se às 8 horas da manhã no Museu de Mineralogia Egisto Dal Santo e finda com um delicioso café germânico acompanhado de músicas e danças no Casarão construído em 1914 por colonizadores Alemães que trabalharam no setor pedrista.

Figura 11- Roteiro turístico Caminhos Preciosos



Fonte: soledade.rs.gov.br, (2022).

6 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo apresenta as metodologias com enfoque na Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), as Sequências Didáticas (SD) no Ensino de Química no Ensino Médio. Essas metodologias abordadas permitem ao professor estabelecer um diálogo entre a teoria e prática de forma contextualizada. Na sequência é apresentada a temática mineralogia com enfoque no ensino de química inorgânica.

6.1 Metodologias com enfoque na Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente no Ensino de Química – CTSA

O termo Ciência Tecnologia Sociedade (CTS) surgiu após a Segunda Guerra Mundial em decorrências das questões ambientais e sociais nos países capitalistas (AULER; BAZZO, 2001).

A partir de meados do século XX, nos países capitalistas centrais, foi crescendo o sentimento de que o desenvolvimento científico, tecnológico e econômico não estava conduzindo, linear e automaticamente, ao desenvolvimento do bem-estar social. Após uma euforia inicial com os resultados do avanço científico e tecnológico, nas décadas de 1960 e 1970, a degradação ambiental, bem como a vinculação do desenvolvimento científico e tecnológico à guerra (as bombas atômicas, a guerra do Vietnã com seu napalm desfolhante) fizeram com que a ciência e a tecnologia (C&T) se tornassem alvo de um olhar mais crítico.

Segundo Vanin (1994), às atividades industriais, armas e acidentes nucleares, e as contaminações ambientais, nos países da Segunda Guerra Mundial trouxeram um alerta para o uso indiscriminado da ciência e da tecnologia e os perigos das tecnologias. Ao implicar em alguns riscos, acaba por apresentar desafios políticos em várias dimensões, incluindo empregos, segurança e regras regulatórias.

No final da década de 1970, os currículos de ciência com ênfase na CTS passaram a ser uma tendência mundial. O objetivo é formar os estudantes para a cidadania, permitindo a eles fazerem uma contextualização da sua vida no cotidiano em conjunto com a interpretação do mundo científico (TRENTO, 2019).

O enfoque CTS abarca desde a ideia de contemplar interações entre ciência, tecnologia e sociedade apenas como fator de motivação no ensino de ciências, até aquelas que postulam, como fator essencial desse enfoque, a compreensão dessas interações, a qual, levada ao extremo por alguns projetos, faz com que o conhecimento científico desempenhe um papel secundário. (AULER; BAZZO, 2001)

O Ensino de Química por meio da CTS é caracterizado por três pilares, sendo eles: ciência, tecnologia e sociedade. A inserção da metodologia CTS é descrita nos conteúdos de tecnologia científica da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) levando-se em conta os aspectos históricos, políticos e sociais, (SANTOS, 2012). A figura 13 ilustra a definição abordada por Santos (2012).

Figura 12- Educação com enfoque CTS



Fonte: Santos (2012, p. 51)

Os autores Shua et al. (2014) descrevem a importância da evolução da química com desenvolvimento tecnológico e os benefícios na sociedade

A química mudou o mundo e beneficiou os seres humanos de várias maneiras. Um bom exemplo é o processo catalisado de alta pressão para síntese de amônia, que permitiu a fabricação de fertilizantes artificiais em larga escala. Foi uma das mais importantes invenções do século XX, e revolucionou a agricultura. Outro exemplo é a refinaria de petróleo. A aplicação de alta eficiência catalise de platina produziu grandes quantidades de gasolina de alta qualidade e hidrocarbonetos aromáticos que são necessários para a indústria. Graças aos esforços dos químicos, vários instrumentos analíticos estão disponíveis e são amplamente utilizados para monitorar o ambiente, e a poluição pode ser efetivamente rastreada e controlada de acordo.

Os autores SANTOS; SILVA, (2021) ressaltam a importância do ensino de ciências com a abordagem da CTS, já os autores, Abreu; Fernandes; Martins, (2009), incluíram na sigla CTS o termo (Ambiente) dando o início a CTSA, para remeter as situações e discussões ambientais decorrentes da tecnologia e desenvolvimento da sociedade e os problemas ambientais decorrentes do avanço tecnológico. Essa metodologia contribui para a superação do ensino tradicional baseado em transmissão de conteúdos e sem contextualização de situações

do cotidiano dos estudantes, por exemplo, o caso dos transgênicos, o tratamento precário dos lixos ou a destinação correta do mesmo, emissão de gases poluentes por parte das indústrias e o desmatamento excessivo (DELIZOICOV, 2001).

A inserção da abordagem CTSA para ensino de química é responsável por desenvolver a educação para a cidadania. Santos (1992) defende as formas de conduzir a educação CTS:

[...] não se restrinja ao uso e não uso de aparatos tecnológicos ou ao seu bom e mau uso. Além disso, propõe-se uma educação capaz de pensar nas possibilidades humanas e nos seus valores, enfim em uma educação centrada na condição existencial (SANTOS, 2011, p. 12).

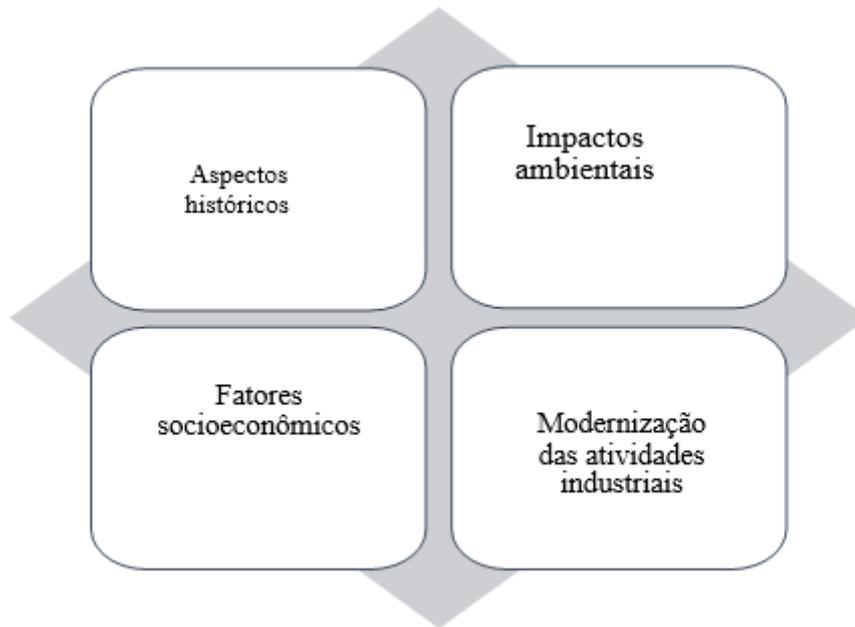
A Educação em química partindo das questões socioambientais abordam temas potencialmente problemáticos e contextualizados, a serem desenvolvidos e debatidos em sala de aula (GONZALEZ, [s.d.]

É uma educação crítica da realidade vivenciada, que pode transformar valores e atitudes através da construção de novos hábitos e conhecimentos. Uma vez que cria uma nova ética, é capaz de sensibilizar e conscientizar no sentido de estabelecer a relação ser humano/sociedade/natureza em busca do equilíbrio local e global, como meio de obtenção da melhoria da qualidade de todos os níveis de vida.

A temática escolhida para a pesquisa aqui já detalhada, contribui para o desenvolvimento da inserção CTSA, pois ela permitirá ao professor abordar na sala de aula temas contextualizados do cotidiano dos estudantes, já que muitos desses estudantes inseridos no educandário da pesquisa tem como fonte de renda de suas famílias as atividades de garimpagem, tingimento, lapidação e comercialização. Dessa maneira, o estudo dos temas sociais não pode se limitar à compreensão dos conhecimentos químicos, é preciso, também, ser feito o resgate dos conhecimentos prévios dos estudantes, conhecer sobre leis, economia, política, sobre cultura, meio ambiente, etc. (GONZALEZ, [s.d.]

Na perspectiva da pesquisa realizada se destaca o movimento CTSA pois, através dela, buscamos os fatos históricos das atividades de garimpagem dos minerais, o desenvolvimento tecnológico das atividades beneficiamento e lapidação dos minerais, os impactos ambientais e sociais e a modernização das indústrias. A figura 14 descreve de forma resumida as etapas da pesquisa com a inserção da abordagem CTSA na SD.

Figura 13- Etapas da metodologia com enfoque CTSA



Fonte: do autor, (2022)

Sumarizando, a inserção CTSA abrange os objetivos da educação ambiental, desenvolvimento tecnológico e social. Vista como um recurso didático que contribui para o desenvolvimento do senso crítico dos estudantes e o seu papel transformador na sociedade, além de proporcionar a contextualização como ferramenta pedagógica (CAVALCANTE, 2015).

6.2 A Mineralogia no Ensino de Química Inorgânica

No Brasil, existem diversas cidades que realizam a extração e exploração de minerais, sendo que cada região tem algum (ns) mineral (ais) específico (s): por exemplo, no Estado no Rio Grande do Sul, nas regiões do Alto da Serra do Botucaraí e Salto do Jacuí são exploradas as Ágatas; na região do Alto Uruguai, são extraídas as Ametistas (BRANCO et al., 2002). Na Região de Candiota e Minas do Leão são encontradas minas de Carvão Mineral, também encontradas no Estado vizinho de Santa Catarina. No Estado de Minas Gerais, são encontradas as minas de dolomita, quartzo, grafita, granito, topázio, talco, ardósia, bauxita, entre outros, com agregado valor comercial. Assim, essa temática tem potencial para o ensino de ciências.

A Mineralogia, é parte das geociências que trata dos minerais (BRANCO; CHAVES, 2015). Definições que são encontradas no setor da mineralogia são diversificadas. Minerais são substâncias inorgânicas presentes na natureza, caracterizadas pela forma como os átomos estão dispostos (estrutura interna) (IC et al., 2012).

Conforme Cox (1984, p. 15):

Minerais são compostos químicos, essencialmente cristalinos, que correm naturalmente e cujos agregados formam as três grandes categorias de rochas: 1) ígneas (solidificadas a partir de uma fusão), 2) sedimentares (formadas pela erosão de rochas preexistentes e consequente redistribuição) e 3) metamórficas (formadas pela ação do calor e pressão sobre rochas preexistentes)

Segundo o Dicionário Aurélio (1975), mineral é corpo inorgânico, sólido à temperatura ordinária, que constitui as rochas da estrutura terrestre. De acordo com a definição geral da *International Mineralogical Association*, IMA, mineral é um elemento ou composto químico, normalmente cristalino, que foi formado por processos geológicos (NICKEL, 1995). Essa definição abarca os minerais amorfos, como a opala, e os cerca de doze minerais orgânicos (ECHIGO; KIMATA, 2010).

Nessas definições apresentadas, percebe-se que os minerais são objetos de estudo de química inorgânica devido à variedade de elementos químicos que formam suas composições químicas variadas.

Os geólogos usam como analogia que os elementos são tijolos de todos os materiais que existem no Planeta Terra, incluindo os minerais. Dessa maneira, os elementos que estão em maior quantidade, podem ser encontrados em minerais, Quadro 03.

Quadro 03- Proporção dos elementos na composição da crosta terrestre

Elementos	Porcentagem (%)	Elementos	Porcentagem (%)
O	46,71%	Ti	0,62%
Si	27,69%	H	0,14%
Al	8,07%	P	0,13%
Fe	5,05%	C	0,09%
Ca	3,65%	Mn	0,09%
Na	2,75%	S	0,05%
K	2,58%	Ba	0,05%
Mg	2,08%	Outros	0,25%

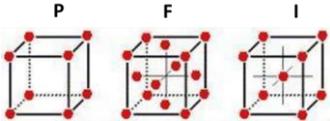
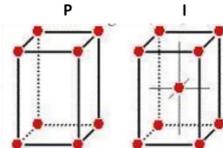
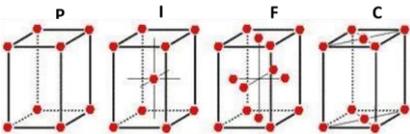
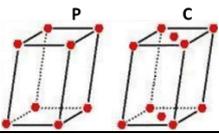
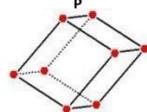
Fonte: adaptado de Durante, (2015).

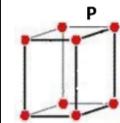
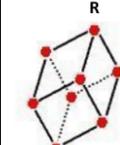
Os minerais são organizados em estruturas cristalinas, que são formadas pelas células unitárias:

As estruturas cristalinas são formadas por células unitárias que são sua unidade básica, pois constituem o menor conjunto de átomos associados encontrados numa estrutura cristalina. A partir das células unitárias, e levando em conta os eixos de simetria e a posição do centro geométrico de cada elemento do cristal, é possível descrever qualquer cristal com base em diagramas designados por Redes de Bravais. Com base na análise geométrica dos sistemas de cristalização permite concluir que existem sete tipos de sistemas cristalinos, embora dentro de alguns deles seja possível distinguir subcategorias em função dos centros de simetria (VAZ; CARNEIRO, [s.d.]).

No Quadro 04 são apresentados os sete sistemas cristalinos e os quatorze retículos cristalinos de Bravais, em que P significa estrutura Primitiva, em que os átomos estão nos vértices dos retículos, I significa de corpo centrado, em que um átomo fica no centro no retículo, F significa de face centrada em que há átomos nas faces do retículo e C significa tem um átomo em duas faces opostas. Em I, F e C são encontrados átomos nos vértices do retículo (ATKINS et al.,2012). Os eixos a, b e c designam os parâmetros da cela unitária e α , β e γ são os ângulos entre b e c, c e a e a e b, respectivamente.

Quadro 04- Os 7 Sistemas Cristalinos e os 14 retículos de Bravais

Sistema Cristalino	Ângulos	Eixos	Retículos de Bravais
Cúbico	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	$a=b=c$	
Tetragonal	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	$a=b \neq c$	
Ortorrômico	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	$a \neq b \neq c$	
Monoclínico	$\alpha=\gamma=90^\circ \neq \beta$	$a \neq b \neq c$	
Triclínico	$\alpha \neq \gamma \neq \beta$	$a \neq b \neq c$	

Hexagonal	$\alpha=\beta=90^\circ$ $\gamma=120^\circ$	$a=b\neq c$	
Trigonal	$\alpha=\beta=\gamma < 120^\circ$ $\neq 90^\circ$	$a\neq b\neq c$	

Fonte: adaptado de Atkins *et al.*,(2012)

As propriedades gerais dos minerais dependem dos processos de gênese e de um grande número de variáveis (pressão, temperatura, pH, tempo e outras). O conhecimento das propriedades é essencial para a elucidação da composição química dos mesmos. As propriedades mais importantes são forma cristalina, cor, brilho, clivagem, fratura, dureza e densidade e serão descritas a seguir segundo (KLEIN e DUTROW, 2012).

A cor é uma das principais propriedades de minerais macroscópicos e existem 15 razões diferentes responsáveis pela cor, sendo estas fundamentais na identificação destes. Um exemplo refere-se ao caso do quartzo que apresenta variedades com cores distintas: rosa, verde e branco. Vale destacar que a cor de mineral deve ser observada na sua superfície, que deve ser fresca, ou seja, sem oxidação, uma vez que esta pode sofrer alterações.

Assim como a cor, várias outras propriedades são utilizadas para a identificação dos minerais. A dureza relativa é determinada pelo risco. Quando esfregamos um mineral em outro aquele que produzir um sulco (reentrância) será o mais duro. Isto é medido pela escala de Mohs. Porém, outra propriedade importante é a cor do traço, que é obtida quando o mineral é esfregado sobre uma porcelana. A cor do pó é a cor do traço, é utilizada a risca, que é a propriedade relacionada com a cor do pó do mineral. Essa cor do pó não sofre variações, então minerais que macroscopicamente apresentam cores idênticas podem apresentar cores de traços distintos, possibilitando a identificação dos mesmos.

O brilho está relacionado com a luz refletida na superfície do mineral e, de maneira geral, é classificado como metálico ou vítreo, mas existem outras classificações. A clivagem é a propriedade relacionada à fraqueza do retículo cristalino, ou seja, corresponde aos planos reticulares das fraquezas de ligações químicas. A fratura está relacionada ao modo geral de como um mineral se rompe, valendo destacar que a fratura não se relaciona com a propriedade de clivagem; são propriedades distintas. Clivagem se resume na quebra das estruturas internas, já a fratura é a textura formada na superfície de um mineral quando quebrado.

A dureza é uma das propriedades mais importantes na mineralogia, já que cada mineral apresenta valores de dureza, que são facilmente determinadas. Pode-se definir dureza como a resistência que um mineral tem ao riscar ou ser riscado por outro mineral ou outro objeto, e depende intimamente da estrutura de formação dos minerais, ou de maneira geral, quanto mais forte forem as ligações químicas para a formação do mineral, maior será sua dureza. A dureza pode ser determinada pela escala de Mohs criada pelo mineralogista, austríaco Friedrich Mohs em 1824.

Conforme Pomerol et al. (2013, p. 515), dureza é uma propriedade que

[...] mede a resistência ao risco, se expressa geralmente pela escala dita Mohs. Ela comporta 10 graduações de dureza crescente. Os 10 minerais de referência da escala clássica são, de 1 a 10: talco, gipsita, calcita, fluorita, apatita, ortoclásio, quartzo, topázio, coríndon e diamante [...].

O talco, que tem (valor 1 na escala) de Mohs, pode ser riscado até mesmo por uma unha, já o diamante é 10 na escala, podendo apenas ser riscado por outro diamante. (VAZ; CARNEIRO, 2016).

A inserção dos minerais no ensino de química permite diversificar e aprofundar os conceitos químicos, além de ser um recurso didático importantíssimo para a relação entre as escalas microscópicas e macroscópica. Portanto, a proposta de uso dos minerais no processo de ensino-aprendizagem é de fácil aplicação e ajudará a despertar a curiosidade dos estudantes e o gosto em aprender química.

Nesse sentido, os minerais podem ser usados para explorar conteúdos de ligações químicas a partir do estudo de suas propriedades, pois como são sólidos, em sua maioria cristalinos, podem ser classificados segundo as ligações químicas, como mostrado no Quadro 5:

Quadro 05- Características típicas de sólidos

Classe	Definição	Propriedades	Exemplos
Sólido Iônico	Construído pela atração mútua entre cátions e ânions	Duro, rígido, quebradiço, pontos de fusão e ebulição altos, condutores em soluções aquosas	Halita (NaCl); Salitre (KNO ₃)
Sólido Reticular	Formados por átomos ligados entre si por ligações covalentes	Duro, rígido, quebradiço, pontos de fusão muito altos, insolúveis em água.	Quartzo (SiO ₂); Diamante (C); Grafita (C).
Sólido Molecular	Conjunto de moléculas discretas mantidas em suas posições por forças intermoleculares.	Pontos de fusão e ebulição relativamente baixos, quebradiços quando puros.	Enxofre (S ₈)
Sólido Metálico	Formados por cátions unidos em um "mar" de elétrons	Maleável, dúctil, lustroso, condutor térmico e elétrico	Ouro (Au) Cobre (Cu)

Fonte: adaptado de Atkins *et al.*,(2012)

Assim os compostos são formados, pela interação de um ou mais átomos que se ligam

A ligação química, sendo a interação de dois átomos (ou grupos de átomos), está intimamente ligada ao rearranjo da estrutura eletrônica, ou melhor, dos elétrons dos átomos dentro de uma nova molécula. O potencial de ionização e a afinidade eletrônica são duas propriedades periódicas que podem nos auxiliar a compreendermos a natureza da ligação química. (DUARTE, 2001).

A formação de ligações é acompanhada pelo abaixamento de energia devido às atrações de cargas opostas ou entre núcleos e elétrons dos pares compartilhados (ATKINS *et al.*, 2012).

A ligação química iônica é definida como a capacidade que os átomos tendem em doar elétrons facilmente e outros recebem elétrons liberando energia. O processo de doar elétrons e receber ou leva à formação de cátions e ânions, respectivamente. (DUARTE, 2001).

(BROWN,2000) define o modelo iônico:

O modelo iônico é mostrado para dar uma boa descrição da maioria dos materiais inorgânicos, como sais, cerâmicas e minerais, independentemente do caráter covalente ou iônico de suas ligações. A virtude do modelo é sua capacidade de tratar ligação química usando teoria eletrostática simples, todos os efeitos da mecânica quântica sendo contidos em um curto potencial de alcance que é tratado empiricamente. Ao explorar as propriedades do campo eletrostático, um rigoroso, mas um modelo de ligação simples e intuitivo é desenvolvido. (Tradução do autor, 2021)

Para Brown, Lemay e Bursten (1997), o potencial de ionização é associado com a energia mínima para remover elétrons de um átomo no seu estado fundamental gasoso, e à formação de íons com cargas positivas, sendo que, quanto maior a energia de ionização, mais difícil será retirá-lo. Um exemplo fácil de compreender o potencial de ionização ocorre através da remoção de um elétron do átomo de sódio (DURANTE,2015), representado no esquema da equação química $\text{Na}_{(g)} \rightarrow \text{Na}^+_{(g)} + e^-$ sendo necessário energia de $494 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, para remover esse elétron do átomo.

Segundo Durante (2015), a afinidade eletrônica relaciona-se, com a adição de um elétron a um átomo no seu estado gasoso. Quando isso ocorre, o átomo desprende energia, conforme podemos observar no exemplo do átomo de cloro ao receber um elétron: $\text{Cl}_{(g)} + e^- \rightarrow \text{Cl}^-_{(g)}$. Nesse processo libera-se $+ 349 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ de energia.

Quando os íons Na^+ e Cl^- se atraem formando o sólido NaCl , é liberada energia que corresponde a energia do retículo cristalino desse sal. Em geral, a ligação iônica

As ligações covalentes são formadas pelo compartilhamento de elétrons entre dois átomos, sendo que há o compartilhamento até que sejam completadas as camadas de valência. Exceto para o hidrogênio, geralmente a camada de valência comporta oito elétrons, o que forma a base da regra do octeto. Em ligações simples, duplas e triplas são compartilhados um, dois e três pares de elétrons entre dois átomos (BRADY; SENESE, 2009).

Como consequência dessas ligações, os sólidos apresentam propriedades características conforme mostrado no Quadro 05.

6.3 Ensino de Química através da Sequência Didática

No momento atual, existem diversos desafios para o ensino de química. Vale ressaltar que na sala de aula ainda nos deparamos com os conteúdos fragmentados e tradicionais, como afirma Jose (2011). Além disso, recentemente reconhecemos que nossa prática em sala de aula é profundamente enraizada em abordagens do ensino tradicional sem metodologias inovadoras e voltadas para a realidade dos estudantes. Nesse sentido, a mineralogia e a cristalografia podem propiciar aos professores diferentes formas de superar os desafios didáticos.

Para Chassot (1990), os conhecimentos de sala de aula devem aguçar a curiosidade dos estudantes em seu cotidiano e não ficar somente na sala de aula, além disso destaca que o professor é o mediador do conhecimento

Vejo na ação do educador muito mais do que um transmissor de conteúdo ou até um reprodutor de conhecimento, mas alguém que educa em Química, isto é, faz com que a Química seja também um instrumento para as pessoas crescerem (...)" (1990, p. 14).

Sobre o ensino de química, a proposição de atividades experimentais para deixar as aulas mais agradáveis aos estudantes, deve estar acompanhada pela criação de roteiros que indaguem e questionem os estudantes sobre o que está acontecendo, qual é a sua relação com os conceitos teóricos. Assim o estudante não verá o professor apenas como um transmissor de “verdades” e conteúdos já pré-estabelecidos.

No sistema educacional brasileiro, é necessário criar várias estratégias e metodologias que possam melhorar o ensino de química. Neste viés, evoca-se a produção de uma Sequência Didática (SD) que demonstra seu potencial significativo no processo de ensino aprendizagem, promovendo um aprendizado prazeroso aos estudantes.

A sequência didática permite a organização e planejamento

um conjunto de atividades ligadas entre si, planejadas para ensinar um conteúdo, etapa por etapa. Organizadas de acordo com os objetivos que o professor quer alcançar para a aprendizagem de seus alunos, elas envolvem atividades de aprendizagem e de avaliação.

A função da sequência didática, segundo Mota é:

A sequência de atividades didáticas é uma maneira de encadear e articular as diferentes atividades ao longo de uma unidade didática. As sequências podem indicar a função que tem cada uma das atividades na construção do conhecimento ou na aprendizagem de diferentes conteúdos e, portanto, avaliar, a pertinência ou não de cada uma delas (MOTTA, 2014).

Concordando com Zabala (1998, p. 18), que define as SD como um conjunto de momentos pedagógicos e metodológicos aplicados em um determinado número de aulas por meio de “atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelo professor como pelos alunos”.

A SD também pode fornecer conteúdos contextualizados, que permitam o desenvolvimento do interesse dos estudantes nas aulas de química, proporcionando uma transformação e a construção do conhecimento

[...] um ensino contextualizado é importante, pois permite que o aluno perceba que o seu contexto está repleto de conhecimentos cotidianos e científicos que podem dialogar de modo a produzirmos um conhecimento escolar perfeitamente compreensível e aplicável; assim encontramos o caminho para nos adequarmos à proposta de educação científica para a cidadania, trazendo para a sala de aula discussões de caráter científico, tecnológico e social, que exijam dos alunos posicionamento crítico (GUSMÃO; SILVA; FONTES, 2012, p. 01).

A inserção da temática mineralogia cria uma mudança epistemológica nas aulas, que permite uma contextualização em relação aos conteúdos de química inorgânica, ou seja, envolveria uma mudança tanto na lógica de aprendizagem com a qual os alunos já estão acostumados e, para os professores, na organização das aulas.

Ainda se pode destacar que há muitos debates sobre as dificuldades apresentadas pelos estudantes em relacionar conteúdos abordados nas aulas e sua aplicação na prática e na vida cotidiana. A escolha do tema de mineralogia, possibilitará a criação de atividades experimentais que podem ser relacionadas com os conteúdos teóricos. Em especial, nesse trabalho, serão realizados experimentos sobre as propriedades dos sólidos que serão correlacionadas com as

ligações químicas, uma vez que os estudantes têm dificuldades no entendimento sobre ligações químicas, já que se trata de um conteúdo de nível microscópico e abstrato. Com isso, há a possibilidade da desfragmentação do ensino por meio da SD.

Para Zabala (1998, p. 20) as aulas bem elaboradas com a SD “permitem articular as diferentes atividades ao longo de uma unidade didática” proporcionando aos estudantes condições necessárias para o desenvolvimento do pensamento crítico, fornecendo-lhes suportes para o desenvolvimento intelectual e social, visando à ruptura dos problemas inerentes aos conteúdos trabalhados interligados com seu cotidiano e suas vivências.

Considera-se que, nessa fase, os estudantes têm grande curiosidade a respeito do mundo que os cerca, levando-se a experimentar tudo ou quase tudo que é posto nos meios de comunicação e na rede social e, em função disso, torna-se fundamental ao professor criar estratégias diversificadas, proporcionando aos estudantes as condições necessárias para o desenvolvimento de sua alfabetização científica e o desenvolvimento intelectual e social (LIMA; ARAUJO, 2021).

Nas aulas de química inorgânica do primeiro ano do Ensino Médio, os conteúdos de mineralogia são essenciais para a compreensão das estruturas de substâncias cristalinas desde a formação da Terra (DANTAS; ANJOS, 2018). O entendimento dos conteúdos é proposto no aprendizado de química inorgânica, assim como o processo de formação, composição química das rochas e minerais, fundamentos de cristalografia e aplicações (DANTAS; ANJOS, 2018).

Pode-se afirmar que muitos professores apresentam grandes dificuldades em relacionar conteúdo específicos na abordagem do cotidiano dos estudantes, isso talvez se dê ao fato da ausência de uma formação qualificada ou uso de práticas educativas adequadas. Por esses fatores, observa-se que a química é vista como uma disciplina conteudista e articular a teoria e a prática como momentos inseparáveis do processo de construção do conhecimento e da transformação da realidade faz-se fundamental. (KUENZER, 2001). Assim, não há como discordar de Samrsla *et al.* (2007), que afirmam que no âmbito da Didática das Ciências, entende-se que as ações docentes devem estar dirigidas de forma a possibilitar a elaboração conceitual progressiva das noções científicas presentes no currículo da disciplina.

7 PRODUTO EDUCACIONAL

O presente capítulo é dedicado à elaboração da sequência didática, SD, como produto educacional desenvolvido para aulas de química inorgânica e sua aplicação. O capítulo está distribuído nos seguintes tópicos: estruturação da SD e público-alvo, elaboração do produto educacional e a descrição da aplicação do produto educacional, para estudante do Ensino Médio e Superior e professores.

7.1 Estruturação da Sequência Didática e Público-alvo

A sequência didática, SD, teve como público-alvo, estudantes do 1º ano do Ensino Médio que tinham como conhecimentos prévios de Matéria, Elementos Químicos, Substâncias Simples e Compostas e Tabela Periódica. Foi planejada para 6 aulas, sendo que o tempo de cada aula é de 1h40min, que corresponde a 2 períodos de 50 minutos cada. Na turma de aplicação, os períodos eram sequenciais, ou seja, concentrados no mesmo dia. O tempo utilizado para a aplicação foi de um mês e quinze dias. O professor regente da turma era o pesquisador que assumiu a condução da pesquisa. A SD foi nomeada em aulas, as quais estão descritas resumidamente no quadro 6.

Quadro 6- Descrição resumida das aulas com duração de 1h 40 min.

	Conteúdo	Descrição das Atividades envolvidas
01	Apresentação da temática Resgate dos conhecimentos prévios	Leitura da introdução das SD com auxílio de aula expositiva dialogada. Sondagem dos conhecimentos prévios
02	Propriedade dos minerais e substâncias químicas	Utilização do acervo mineralógico digital por meio do app e apresentação do kit de minerais
03	Propriedades físicas dos minerais	Desenvolvimento de atividade experimental demonstrativa
04	Propriedades das ligações químicas	Estudos das propriedades dos compostos iônicos e covalentes

05	- Propriedades dos compostos iônicos e covalentes	Atividade Experimental: Formação do jardim de silicatos
06	- Interações intermoleculares	Fenômenos da birrefringência

Fonte: do autor, (2022)

Ao longo do presente capítulo serão descritas as aulas ministradas no decorrer da pesquisa com a aplicação da sequência didática, que é o produto educacional vinculado à dissertação.

7.1.2 Primeira aula - Resgate dos conhecimentos prévios

A aplicação dessa SD teve início em novembro de 2021. A primeira aula foi dividida em dois momentos, sendo que no primeiro momento, o professor pesquisador apresentou a temática aos estudantes, estabelecendo com eles uma aula dialogada. Foi entregue aos estudantes o termo de consentimento (apêndice A), e também foi explicado para a turma que a proposta pedagógica da pesquisa, realizada no decorrer da aplicação, estaria vinculado ao Mestrado Profissional em Química do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Foi ressaltado a importância da participação de todos. Em decorrência da pandemia da COVID-19, também foi realizado o levantamento quantitativo de estudantes que estavam cursando na modalidade de ensino presencial, híbrido e Educação a Distância (EAD). Foi observado nessa primeira aula que 90% dos estudantes da turma estavam em sala de aula e o restante estavam indo na escola retirar o material didático de forma física.

Um dos quesitos que pode ser destacado é que o professor já havia trabalhado com essa turma em disciplinas anteriores, tendo uma relação mais próxima com os estudantes, o que os deixou mais confortáveis a fazer apontamentos e contribuiu com um diálogo mais crítico durante as aulas.

No segundo momento da aula, o professor entregou aos estudantes um questionário para se realizar o resgate dos conhecimentos prévios, item encontrado na sequência didática. Após respondido o questionário, o professor realizou questionamentos e explicações por meio de aulas expositivas e dialogadas, explicando e revendo os conceitos de substâncias, sistemas materiais, propriedades físicas das substâncias, tabela periódica e ligações químicas. O tempo

utilizado pelos estudantes para responder o questionário foi de 20 minutos, o restante da aula foi destinado para a correção e indagação do professor para os estudantes. O professor observou que os estudantes já possuíam os conhecimentos prévios, exceto das ligações químicas, que seriam abordados nas próximas aulas.

7.1.2. Segunda aula- propriedade dos minerais e substâncias químicas

A aula foi dividida em dois momentos. No primeiro momento, o professor apresentou a situação problema (SP): setor mineralógico e os impactos ambientais e econômicos do “nosso município”. Após, entregou aos estudantes um *kit* mineralógico (figuras 15 e 16) com amostras de minerais. Esse *kit* foi montado pelo professor para os estudantes utilizarem em sala de aula e contém diversas amostras de minerais, identificadas pelo nome e descritas no quadro 7. Os estudantes já traziam de casa, ou de seu local de trabalho, algum conhecimento acerca do assunto, principalmente conhecimento da área econômica, vendas, lapidação para a produção de objetos e questões energéticas ou esotéricas envolvendo os minerais, questões de horóscopo, por exemplo, a pedra do signo, mineral do ano ou mineral que atrai amor, paz e riqueza. Ressaltando que esses estudantes sabiam os conhecimentos do senso comum trazido de outras gerações.

Para pesquisa de preenchimento das fichas catalográficas o professor fornece aos estudantes o *site* ou QR-Code para acesso no acervo digital do Museu de Mineralogia Heinz Ebert⁸, que apresenta todas as classes mineralógicas com seus respectivos minerais e propriedades. As fichas catalográficas serviram de apoio para diálogos em sala de aula, permitindo aos estudantes visualizarem as fórmulas químicas que compõem os minerais despertando interesse a respeito das cores dos minerais, e onde são encontrados. Também cabe ressaltar que muitos estudantes ficaram impressionados que alguns minerais, constituídos por elementos químicos iguais, apresentam dureza e cores diferentes.

Foi destinado um tempo de 10 minutos para estudantes acessarem o *site* e logo após o utilizarem para desenvolvimento da atividade proposta na SD, completando as fichas catalográficas que contém espaços destinados para classificação das substâncias que constituem os minerais em elementos (simples) ou compostas, número de elementos químicos, presente na fórmula e o número de átomos.

⁸ Site do Museu <https://museuhe.com.br/>

No segundo momento, o professor abordou os conceitos apresentados na sequência didática, tais como as propriedades dos minerais, as formas que eles são encontrados na natureza, ideia do elemento químico e o átomo, buscou explicar de forma científica os conhecimentos comuns que serão citados durante o período de aula. Vale destacar que a aula foi muito bem aproveitada, principalmente que assuntos voltados para o interesse dos estudantes despertam o gosto da aprendizagem. A SP foi fundamental pois permitiu aos estudantes estabelecer relações dos aspectos ambientais nas décadas de 1980 a 2000 e quais os fatores contribuíram para a minimização dos impactos. Além disso, permitiu estabelecer relações aos estudantes que atividade mineralógica interfere na economia do município.

Quadro 7- Minerais que compõem o *kit* de elaborado pelo professor

AMETISTA - ÁGATA - CRISTAL - SELENITA - AMAZONITA - DOLOMITA - AZURITA -
 - MALAQUITA- CALCITA - HALITA - ENXOFRE - LAZULITA - APATITA - TURQUESA -
 PIROMORFITA - DIÁSPORO - BRUCITA
 - MAGNETITA- GOETHITA - GIBBSITA - CITRINO - OLHO DE TIGRE - TURMALINA-
 JASPE - PEDRA DO SOL- GRANADA - FLUORITA - SODALITA - FUCHISTA -
 SHUNGETA - OBSIDINA - HEMATITA - QUARTOS - PIRITA - ENXOFRE - GALENA -
 ONIX - AZURITA - LÁPIS LAZULI - RODONITA - OLHO DE BOI.

Fonte: do autor, (2021)

Figura 14- Organização do *kit* de ensino



Fonte: do autor, (2021)

Figura 15- *Kit de ensino produzido para as aulas de química*



Fonte: do autor, (2021)

7.1.3 Terceira aula- propriedade dos minerais

Na terceira aula foi realizada uma breve retomada dos conceitos abordados na aula anterior (segunda aula da pesquisa), sendo aprofundados os conhecimentos já abordados. Os estudantes foram indagados sobre os conceitos de substâncias simples e compostas, elementos químicos, átomos, com intuito de verificar a compreensão dos conteúdos abordados.

Em seguida os estudantes foram encaminhados para o laboratório de química da escola para desenvolverem as seguintes atividades experimentais:

Atividade experimental 01- Determinando a densidade relativa dos minerais e de uma amostra de mineral “desconhecido”. Essa atividade foi realizada em dois grupos; cada

grupo recebeu um mineral já identificado (ágata e ametista). Na sequência, o professor realizou, de forma demonstrativa, a medida da densidade com o mineral desconhecido e, posteriormente, solicitou aos estudantes para retomarem o *site* utilizado com as fichas para identificar o mineral comparando a densidade encontrada no experimento com a densidade teórica.

A presente atividade permitiu aos estudantes adquirirem o conhecimento de massa, volume, densidade e peso. Muitos não tinham conhecimento dessas grandezas, por exemplo, para eles o peso era igual a massa. Também foram desenvolvidos os cálculos da densidade utilizando as operações matemáticas. As figuras 17 a 20 mostram as imagens dos estudantes realizando a medida de densidade da ametista. Primeiramente, foram medidos 50 mL em proveta (Figura 18), em sequência a ametista foi colocada na proveta e volume medido foi de 55 mL (Figura 19). Com a medida da massa da ametista, 12,3g, Figura 20, foi calculada a densidade:

$$d = \frac{\text{massa}}{(\text{volume final} - \text{volume inicial})} = \frac{12,3 \text{ g}}{(55 - 50)\text{mL}} = 2,5 \text{ g/mL}$$

. Vale destacar que os valores da densidade obtidos no experimento eram próximos aos apresentados na literatura, o que motivou os estudantes.

Figura 16- Estudantes realizando o teste da densidade



Fonte: do autor, (2021)

Figura 17- Adição de 50 mL de líquido na proveta para aferição do volume da amostra de mineral.



Fonte: do autor, (2021)

Figura 18- Volume final de 55 mL de água deslocado na proveta após adição da amostra de mineral.



Fonte: do autor, (2021)

Figura 19- Estudantes determinando a massa, das amostras de minerais na balança.



Fonte: do autor, (2021)

Atividade experimental 02- Determinando a solubilidade dos minerais

A segunda atividade experimental desenvolvida para estudantes foi de forma demonstrativa, realizada pelo professor, para testar a solubilidade de diferentes sais componentes dos minerais, como carbonato de cálcio, sulfato de magnésio, enxofre, sulfato de cobre, cloreto de sódio, utilizando os solventes água e acetona. Um quadro detalhado sobre o experimento pode ser encontrado no Produto Educacional. Essa atividade permitiu aos estudantes adquirirem os conhecimentos de solubilidade, polaridade, soluções, propriedades físicas das substâncias. A figura 21 mostra o teste de solubilidade realizado pelo professor para estudantes.

Figura 20- Resultados do teste de solubilidade



Fonte: do autor, (2021)

Figura 21- Estudantes participando da aula e elaborando seu relatório de aula por meio de questionários



Fonte: do autor, (2021)

A atividade proposta foi bem aceita pelos estudantes, que participaram com entusiasmo no desenvolvimento das atividades propostas.

Por último foi desenvolvida de forma demonstrativa, a terceira e última atividade experimental proposta para a aula 3, teste do traço dos minerais seguindo o roteiro presente na SD (Produto Educacional).

7.1.4 Quarta aula - propriedade dos compostos iônicos e covalentes

A aplicação da SD na aula 4, iniciou-se no primeiro momento com aula expositiva e dialogada utilizando o quadro branco para professor apresentar os conceitos dos modelos de ligações químicas iônicas e covalentes. Foi explicado o modelo de formação de ligações, se fez um breve resgate dos conhecimentos prévios envolvendo as propriedades periódicas. Após a introdução do modelo de ligações químicas, os estudantes foram encaminhados ao laboratório para realizar atividade experimental envolvendo as propriedades dos compostos iônicos e covalentes. Para que os estudantes pudessem relacionar a condutividade elétrica dos compostos iônicos no estado sólido e em solução (aquosa) e a condutividade de compostos moleculares (ligações covalentes), o aparelho de teste de condutividade foi elaborado pelo professor de forma artesanal figura 23, utilizando fios de instalações elétricas, lâmpada 10 V, interruptor, 2 canetas modelo Bic[®] e fita isolante. As substâncias utilizadas no teste foram água destilada, água da torneira, acetona, carbonato de cálcio, sulfato de magnésio, enxofre, sulfato de cobre,

cloreto de sódio, sacarose. No decorrer dos experimentos, os estudantes foram completando o quadro proposto na SD (Produto Educacional). Após o desenvolvimento do experimento, o professor elaborou os resultados e discussões, explicando de maneira expositiva as propriedades dos compostos iônicos e moleculares, quais os fatores envolvidos na condutividade elétrica. Para ser realizado em casa, o professor solicitou para os estudantes assistirem o vídeo “Sal fundido conduzindo corrente elétrica” disponível para acesso através do QR-Code figura 24, para, na sequência, completarem o quadro posto na atividade experimental 04. Esse vídeo serviu como um apoio tecnológico pedagógico permitindo aos estudantes observarem o fenômeno da condutividade elétrica de compostos iônicos fundidos.

Figura 22- Teste da condutividade elétrica utilizando materiais alternativos



Fonte: do autor, (2021)

Figura 23- QR-Code para acessar o vídeo disponibilizado para os estudantes



Fonte: químicareativa, (2021).

7.1.5 Quinta aula - propriedade dos compostos iônicos e covalentes - jardim de silicatos

A aplicação da 5ª aula se iniciou com o resgate dos conhecimentos prévios dos estudantes, acerca das ligações químicas iônicas e covalentes, em seguida o professor realizou aula expositiva e dialogada explicando os tópicos abordados nos conhecimentos prévios relatados pelos estudantes.

Após todos os levantamentos e indagações, os estudantes foram encaminhados para o laboratório de química da escola, para realização da atividade experimental Jardim de Silicatos (Produto Educacional). O experimento foi realizado de forma demonstrativa; foi possível observar a formação do jardim colorido com o uso de sais inorgânicos. Com a realização do experimento em aula foi possível observar a participação dos estudantes e o gosto pelo aprender, o experimento possibilitou a inserção de conceitos de solubilidade, cristalização, diluição, concentração, formação de sólidos iônicos e a osmose, conceito que foi destacado aos estudantes, que iriam rever novamente em outro momento no Ensino Médio.

No decorrer do experimento os estudantes foram observando as cores que se formavam no jardim com adição dos sais para posteriormente serem anotadas no quadro de resultados e discussões do Produto Educacional. Os resultados obtidos foram:

Cátion (sal)	Cor
Cloreto de níquel	Verde
Sulfato de cobre	Azul claro
Cloreto de cobalto	Rosa
Sulfato de ferroso	Laranja escuro

O professor solicitou aos estudantes para buscarem em meios eletrônicos de forma de pesquisa, alguns conceitos de mineralogia e química, por exemplo: qual a diferença de um bloco de mineral com os sais que utilizamos em aula e com os mais vendidos em farmácias para uso na saúde humana; qual a importância da atividade extrativista de minérios e seus malefícios. Estes assuntos foram debatidos em sala de aula posteriormente.

7.1.6 Sexta Aula Interações intermoleculares - cristais líquidos

No momento da aplicação da aula 6, foi realizado o resgate dos conhecimentos prévios dos estudantes com os conceitos dos modelos de ligações químicas, em decorrência dos estudantes terem visto, os conteúdos no ano anterior que foi aplicada a SD.

Em seguida, o professor conduziu a aula de forma expositiva e dialogada por meio de aula elaborada para projeção, permitindo aos estudantes visualizarem as imagens dos cristais líquidos apresentados na SD para estabelecerem as relações das propriedades dos minerais com os cristais líquidos no caso, o fenômeno da birrefringência. Foi possível observar, no momento da aula, que os estudantes ficaram curiosos para saber o funcionamento das telas dos celulares e das *smartvs*. Essa participação dos estudantes possibilita concluir sobre a eficiência das SDs. Portanto, vale ressaltar que os objetivos propostos na aula foram alcançados.

8 PESQUISA

Esse capítulo 8 está direcionado para a apresentação da pesquisa e os resultados alcançados durante o seu desenvolvimento. A partir do que já foi mencionado ao longo do presente trabalho, pode-se citar alguns questionamentos: Uma sequência didática baseada na temática Mineralogia permite usar a abordagem CTSA? Como os estudantes recebem a intervenção didática envolvida por uma temática que está inserida no cotidiano? A SD foi possível integrar os conhecimentos químicos por meio da temática Mineralogia?

Para buscarmos responder esses questionamentos, se faz necessário apresentar a caracterização da pesquisa e sua fundamentação teórica, os instrumentos utilizados para a coleta de dados, os resultados obtidos e análise da pesquisa.

8.1 Caracterização da Pesquisa

A presente pesquisa busca avaliar uma proposta didática por meio de um produto educacional Sequência Didática com inserção da abordagem Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente -CTSA, e sua viabilidade no ambiente escolar. Segundo Gil (2008p. 6), a pesquisa é definida como um processo formal do desenvolvimento científico, buscando respostas para uma situação problema.

A pesquisa realizada é de caráter qualitativo, evidenciada por um motivo de análise, pois fornece análise mais detalhada sobre investigações, hábitos, atitudes e tendências de comportamentos.” (MARCONI; LAKATOS, 2005, p. 269).

De acordo com (TRIVIÑOS, 1987, p.132), são características de uma pesquisa qualitativa,

[...] uma espécie de representatividade do grupo maior dos sujeitos que participarão no estudo. Porém, não é, em geral, a preocupação dela a quantificação da amostragem. E, ao invés da aleatoriedade, decide intencionalmente, considerando uma série de condições (sujeitos que sejam essenciais, segundo o ponto de vista do investigador, para o esclarecimento do assunto em foco; facilidade para se encontrar com as pessoas; tempo do indivíduo para as entrevistas, etc.)

A pesquisa qualitativa no Ensino de Química busca analisar o ambiente de estudo e os motivos do estudo. Para Biklen (2010) é fundamental avaliar o ambiente além da rotina imposta e os objetivos da análise a serem alcançados.

A pesquisa foi realizada em uma escola pública da Rede Estadual de Educação do Rio Grande do Sul, na Cidade de Soledade, com estudantes do Ensino Médio. A pesquisa qualitativa consiste em inserir o pesquisador no contexto social do ambiente pesquisado, com objetivos de realizar as investigações científicas.

Para Minayo (2010), a pesquisa segue o ciclo, da operacionalização do projeto, fase exploratória, trabalho de campo, análise do tratamento material, interpretação dos dados e a coleta dos dados que são descritos na sequência deste capítulo.

8.2 Instrumentos utilizados para a coleta de dados da pesquisa

Foram definidas as técnicas utilizadas para a pesquisa, formulários em forma de questionários e diário de bordo proposto por Zabalza (2004), ferramenta que contribui para os professores transformarem-se em investigadores de si próprios, primeiro como narradores e, posteriormente, como analistas críticos dos registros que elaboram (BARREIROS; GIANOTTO, 2016). Cabe ressaltar que é de extrema importância levar em consideração as opiniões dos estudantes.

A participação dos estudantes nas aulas da pesquisa foi utilizada pelo professor para analisar o entendimento dos estudantes dos conteúdos abordados e o processo de aprendizagem. Segundo Borges (2010), os estudantes devem ser estimulados a responderem perguntas, permitindo o diálogo em sala de aula e a realização das memórias de aula em forma de produção escrita.

Os instrumentos citados acima buscaram analisar a evolução e desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes em relação aos conteúdos de química inorgânica e a aproximação desses conteúdos com seu cotidiano de forma contextualizada.

8.3 Resultados e discussões análises dos dados da pesquisa

Neste subitem será apresentada e realizada a discussão dos resultados alcançados na pesquisa. Os sujeitos da pesquisa foram descritos ao longo da dissertação. A apresentação dos resultados alcançados segue três categorias para análise,

Situação Problema, Inserção CTSA e a Mineralogia, de acordo com a tríade descrita no quadro 8.

Quadro 8- Categorias de análise dos resultados

Categorias	Questionamentos da Pesquisa	Instrumento analisados
Situação problema	Como os estudantes receberam a apresentação da temática da pesquisa nas aulas de química	Diário de bordo
Inserção CTSA	A sequência didática apresentada faz enfoque nas metodologias contextualizadas por meio da abordagem CTSA.	Produção escrita dos estudantes Diário de bordo
Mineralogia	É possível integrar os conteúdos de química inorgânica com a temática apresentada na pesquisa	Produção escrita dos estudantes Diário de bordo

Fonte: do autor, (2022).

8.4 Situação Problema da Pesquisa com Enfoque CTSA

Trabalhar com situações problema (SP) é fundamental no processo de ensino-aprendizagem, pois permite desenvolver esse processo de aprendizagem no estudante a partir do entendimento dos conteúdos químicos de forma contextualizada e de seu cotidiano, além de proporcionar a participação dos estudantes nas aulas.

As seguintes SPs foram abordadas nas aulas:

Situação Problema 01: A mineralogia “no nosso município”, é responsável por quais fatores econômicos e sociais, qual a importância do setor mineralógico para economia local e estadual?

Situação Problema 02: Por que as águas do “Arroio Bernardina” localizado no centro da cidade, em determinadas épocas do ano amanheciam coloridas? Quais os fatores que levaram ao desenvolvimento da coloração na água? Quais os principais impactos ambientais gerados no corpo hídrico? Na atualidade é possível presenciar esse fenômeno?

Situação Problema 03: A silicose é uma doença pulmonar causada pelo pó da “pedra⁹”. Quais são os minerais responsáveis pelo desenvolvimento da doença? Qual a relação das pessoas portadoras da doença com a atividade mineralógica?

As SPs propostas pelo professor, como a mineralogia “no nosso município” foi fundamental para proporcionar aos estudantes o espírito investigativo e a tomada de decisões,

⁹ Pó da pedra dito popular da região de Atividades industrial de lapidação de minerais de quartzo.

através das aulas contextualizadas, pois abordou assuntos voltados à realidade dos estudantes, já que muitos conheciam a cidade como a Capital das Pedras Preciosas, sem o conhecimento científico. Como exemplos, o que é um mineral, como a crosta terrestre se forma e suas relações com os processos químicos envolvidos e como isso está envolvido com as propriedades químicas e estruturas cristalinas e com as ligações químicas.

Os autores Nuñez *et al.* (2004) descrevem SP

A situação-problema pode ser considerada como um estado psíquico de dificuldade intelectual, quando o aluno enfrenta uma tarefa que não pode explicar nem resolver com os meios de que dispõe, embora esses meios possibilitem a compreensão da situação-problema e o trabalho para sua solução. (NUÑEZ *et al.*, 2004, p.147)

Cabe ressaltar, seguindo as ideias de Nuñez (2004), que a SP baseia-se na curiosidade dos estudantes, ou naquilo que desperte seu interesse, proporcionando ao estudantes uma organização das ideias, uma tarefa que não pode ser explicada e/ou resolvida com os meios de que se dispõe (SILVA E NUÑEZ, 2002).

A organização da SD, com enfoque na CTSA e baseada nas SP, meio ambiente, tecnologia, sociedade e economia, foi de extrema importância na formação de diálogos em sala de aula, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes.

O uso das SP nas salas de aula junto com CTSA, contempla os objetivos da educação da atualidade voltada para formação de cidadãos e desenvolvimento da alfabetização científica

Uma situação didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa. E essa aprendizagem, que constitui o verdadeiro objetivo da situação-problema, se dá ao vencer obstáculos na realização da tarefa. Assim, a produção supõe a aquisição, uma e outra perdendo o seu objetivo de avaliações distintas. (MEIRIEU, 1998, p.192).

Os questionamentos dos estudantes foram importantes para motivar o gosto do aprender química, as aulas realizadas no laboratório foram fundamentais para essa etapa do desenvolvimento e a participação dos mesmos em aula. As SPs foram responsáveis por um amplo debate com a turma como os assuntos envolvendo efluentes, recursos hídricos, geração dos resíduos; na aula 3- os estudantes realizando a leitura do texto “uma mina em suas mãos: conheça os principais minerais que estão dentro do seu celular”, (MINERE, 2019), que foi fundamental para os estudantes relacionarem os minerais em seu cotidiano; aula 4- foi abordada aplicação dos minerais e seus efeitos à saúde humana, em que foram levantadas questões como silicose nos garimpeiros do município e os minerais na produção de medicamentos.

Santos (2005, p. 31) descreve a função das “situações-problema que caracterizam-se por recortes de um domínio complexo, cuja realização implica mobilizar recursos, tomar decisões e ativar esquemas”. As SP foram abordadas nos momentos de aulas e das atividades experimentais e das aulas expositivas dialogadas, que foram importantes para o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem.

Na primeira aula, em que foram abordadas as questões voltadas para o desenvolvimento econômico do município e o resgate dos conhecimentos prévios dos estudantes, foi observado que os estudantes receberam bem a apresentação da temática e responderam de maneira correta o questionário de conhecimentos prévios, conforme descrito no texto do diário de bordo, do pesquisador:

Na apresentação da temática, os estudantes mostraram-se entusiasmados com o assunto. Foi indagado aos estudantes para responderem de forma oral, quais deles, ou se alguém da família, trabalham com minerais ou no seu beneficiamento. Em voz alta foi respondido e levantado que 72% da turma tinha algum vínculo com a indústria pedrista conforme citado na aula. Dois estudantes indagaram se iriam fazer visita nas indústrias de Soledade. Quando receberam o questionário de conhecimentos prévios, todos responderam, sem apresentar dificuldades na resolução das questões que lá estavam propostas. Foi possível observar que os estudantes já possuíam algum tipo de conhecimento a respeito dos conteúdos de tabela periódica (DIÁRIO DE BORDO, 01 novembro, 2021).

A primeira aula da pesquisa foi um momento importante para resgate dos conhecimentos prévios e resgate do conhecimento do senso comum servindo para o professor poder ter um norte no decorrer da pesquisa. Como já mencionado, os estudantes vinham para aulas com conhecimentos populares e não apresentavam o conhecimento científico. Nessa percepção, foi aplicado na aula a correção no quadro das questões do questionário e trabalhado os conceitos de substâncias químicas, elementos químicos e tabela periódica. Os educandos demonstraram interesse em todo o desenvolvimento da aula sendo participativos.

As aulas expositivas dialogadas utilizando a comunicação verbal e o quadro branco é uma extrema ferramenta pedagógica pois permite aos estudantes observarem, por exemplos, a classificação das substâncias em simples ou compostas, e os elementos químicos que as formam (DIÁRIO DE BORDO, 01 novembro, 2021).

No segundo encontro/aula foram abordados os conceitos da última aula como forma de resgate dos conhecimentos prévios. Nessa aula o professor apresentou o *kit* de minerais explicando as propriedades dos minerais presentes nesse *kit*. Essa metodologia por meio de materiais concretos permite os estudantes a expandirem a fronteira do mundo macroscópico para o microscópico,

o uso de modelos que podem ser definidos como representações parciais da realidade, elaborados com o propósito de fundamentar ideias e que o mesmo pode ser modificado e utilizado para facilitar na visualização de conceitos imateriais. Além da contribuição para a ampliação do conhecimento dos discentes, a utilização de modelos é uma importante ferramenta de encorajamento para a aprendizagem significativa de conteúdos intangíveis, isso porque, o uso de novas metodologias de ensino possibilita concretizar os conteúdos de caráter abstrato (ABRANTES, et al, 2017).

Conforme anotações do diário de bordo, o pesquisador descreve

a utilização do *kit* foi uma ferramenta e estratégia muito importante para as aulas, pois foi responsável por desenvolver a curiosidade nos estudantes e o gosto pelas aulas de química. Os estudantes até levaram os minerais até o sol que entrava pela janela da sala de aula para observar o brilho que os minerais refletiam (DIÁRIO DE BORDO, 08 novembro, 2021).

Cabe ressaltar que a escolha de materiais didáticos relacionados com a vida dos estudantes é peça fundamental para o desenvolvimento de aulas contextualizadas, assim, o *kit* apresenta potencial para a aprendizagem.

No segundo momento, após os diálogos e o uso do *kit*, os estudantes foram solicitados a usarem os *sites*, que estão citados na sequência didática (Produto Educacional), de museus de mineralogias disponível para acesso na *internet* de domínio público, para realizarem os estudos proposto no Quadro 2 da aula (Produto Educacional). Essa metodologia permitiu aos estudantes ampliarem seus conhecimentos sobre tabela periódica e a ideia dos átomos dos elementos químicos. No nosso caso, a utilização do *kit* e dos *sites* foram estratégias facilitadoras da aprendizagem, por fazer parte do cotidiano dos estudantes.

A aula três foi destinada às atividades experimentais no laboratório da escola, envolvendo as propriedades dos minerais, densidade, solubilidade e cor do traço dos minerais, tendo como objetivo desenvolver nos estudantes o gosto pela experimentação. Os conteúdos abordados na solubilidade dos minerais foram importantes para elencar a situação problema envolvendo a saúde dos trabalhadores quando expostos a pó do mineral e o desenvolvimento da doença da silicose.

Descrevendo uma das anotações do diário de bordo

Os estudantes mostraram-se entusiasmados pelas atividades experimentais, realizadas, pois foi uma das primeiras atividades conduzidas no laboratório de química após o retorno das aulas presenciais em decorrência da pandemia da covid-19. Na atividade para determinar a densidade, os estudantes ficaram intrigados, pois conseguiram encontrar o valor da densidade dos minerais na prática igual o valor que estava na literatura do *site* indicado pelo professor para consulta. Para o mineral desconhecido, que posteriormente foram solicitados para identificá-lo, despertou a curiosidade dos estudantes, conforme eles relataram “*vamos ser um detetive*”. Com o uso da pesquisa os estudantes chegaram à conclusão que era um entre os 4 possíveis

minerais: cianita, amazonita, turmalina, lápiz-lazuli. Em sequência, o professor divulga que o mineral testado é a amazonita. A fim de contextualizar a atividade, o professor realizou novamente o experimento de forma demonstrativa utilizando um dos quatro minerais que os estudantes citaram, no caso foi a cianita. O teste de solubilidade permitiu aos estudantes contextualizar que muitos minerais estão em seu cotidiano na forma de sais e que muitos deles são importantes para saúde e outros precisam ser utilizados com cuidados. A atividade experimental permitiu o desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes nos conceitos dos conteúdos de propriedades físicas das substâncias químicas, solubilidade e densidade e a sua relação com a equação matemática de uma forma não mecanizada (DIÁRIO DE BORDO, 16 novembro, 2021).

Após a aula foi possível estabelecer a importância da aprendizagem relacionada ao cotidiano assim como das Situações problema propostas, concordando com os estudos de VERGNAUD (1980) que ressalta a importância da pesquisa nas salas de aula na construção do conhecimento moldado por situações problemas.

Nas aulas quatro e cinco, os estudantes foram conduzidos novamente ao laboratório da escola para realização das atividades experimentais, de forma demonstrativa, para explicar as propriedades dos compostos iônicos e covalentes, como descrito no roteiro do experimento no (Produto Educacional). Nessa aula foi avaliado o material produzido pelos estudantes (quadro de resultados da SD) e o diário de bordo do professor.

Observa-se aprendizagem dos estudantes conforme as anotações no diário de bordo

Os estudantes comentaram que acharam a atividade experimental interessante e muito bem explicada, pois eles conseguiram observar os conceitos que o professor já tinha abordado em sala de aula sobre a condutividade dos compostos iônicos em estado sólido e aquoso. Essa atividade permitiu aos estudantes visualizarem os fenômenos na prática. No caso do sal de cozinha sólido e aquoso eles não entendiam os conceitos envolvidos e não conseguiam extrair da dimensão microscópica a ideia do íon estar ligado em uma estrutura cristalina e com adição da água iria ocorrer o processo de solvatação, liberando os íons em solução (DIÁRIO DE BORDO, 23 NOV, 2021).

Na aula cinco, vale destacar que o tempo proposto não foi suficiente para o desenvolvimento da aula, pois muitos estudantes demonstraram grande interesse e participação na aula, fazendo-se que ocorresse momentos de diálogos entre professor e estudantes e entre colegas, conforme dados coletados no diário de bordo

Na aula os estudantes demonstraram grande entusiasmo e gosto pelo aprender química, em toda o momento da aula os estudantes realizavam perguntas ao professor, também foi possível observar o entendimento dos conceitos abordados no decorrer da atividade experimental, servindo como metodologia inovadora e importante para facilitar o entendimento dos estudantes em sala de aula e o despertar pelo aprender química, a escolha do roteiro experimental adequado também contribuiu para o desenvolvimento de uma aula satisfatória e agradável aos estudantes (DIÁRIO DE BORDO, 18 DE ABRIL, 2022).

Os autores Santos e Schentzler (2010) destacam a importância do ensino de química para formar cidadãos críticos e capazes de tomarem decisões perante a sociedade, em especial aos aspectos científicos. Para os autores, o ensino de química contextualizado permite aos estudantes a capacidade de tornarem-se transformadores do seu ambiente.

Na aula 6 foi possível destacar que metodologias inovadoras que despertem a curiosidade dos estudantes, partindo do seu cotidiano são de extrema importância para o processo de ensino aprendizagem em química, conforme o Diário de Bordo:

Na aula os estudantes demonstraram estarem bastante entusiasmados com o conteúdo proposto para eles, principalmente os fenômenos da birrefringência dos minerais e cristais, como propriedade óptica. Os estudantes debateram diversos assuntos voltados a Situação Problema tecnologia e meio ambiente, muitos dos estudantes solicitaram ao professor informações a respeito das telas digitais, alguns indagaram o professor sobre qual a relação dos cristais líquidos com os cristais das taças de espumante, pergunta que foi sanada pelo professor após os momentos de debates. Nesse mesmo momento, o professor entregou aos estudantes uma calcita óptica para que eles observassem o fenômeno da birrefringência com a palavra química escrita em uma folha e explicou a relação da absorção da luz envolvida nas propriedades ópticas dos minerais. (DIÁRIO DE BORDO, 06 DE SETEMBRO, 2022).

A utilização de metodologias inovadoras, responsáveis por desenvolver o gosto por aprender dos estudantes, torna-se fundamental para abordagem dos conteúdos de química para desenvolvimento da cidadania (SANTOS; SCHENTZLER, 2010).

Nas aulas, durante o momento da pesquisa, foram enfatizadas questões de caráter ambiental, sociais e políticas e suas consequências no município, destacando-se, doenças humanas, ecossistemas aquáticos, fatores de desenvolvimento econômico e social.

A inserção de metodologias com enfoque no CTSA contribui para a aprendizagem significativa. Santos e Auler (2011) destacam que o ensino de química por meio da CTSA motiva os estudantes no estudo da tecnologia e a ciência na contribuição do conhecimento científico.

No ano consecutivo, foi aplicado aos estudantes atividades de contextualização, envolvendo duas atividades experimentais sendo a primeira, um teste de reatividades dos minerais com soluções de comportamento ácido e a segunda foi intitulada “você é um cientista dos mundos dos minerais.” Nessa atividade, o professor levou amostras de solos para que estudantes pudessem identificar quais seriam os elementos químicos ou tipos de minerais predominantes naquele solo, mediante testes químicos.

Cabe enfatizar que essa aula foi aplicada na turma do segundo ano do Ensino Médio, ao mesmo grupo de alunos do ano anterior, buscando realizar a retomada dos conhecimentos e dos conceitos abordados anteriormente.

9 AVALIAÇÃO DA PESQUISA PELOS ESTUDANTES COM A INSERÇÃO DA TEMÁTICA MINERALOGIA

O professor buscou avaliar novamente a pesquisa, no que se refere aos objetivos propostos, e a aprendizagem dos estudantes, pelo ponto de vista dos estudantes. Para tanto, foi entregue aos estudantes um questionário de perguntas (apêndice B) voltadas para a temática da SD.

Sobre a aceitação dos estudantes com a temática recebida, destacam-se dois relatos:

O tema é muito importante, pois moramos na cidade e tinha muitas coisas que nós não sabíamos, como por exemplo, que citrino e ametista é o mesmo mineral. Gostaria que todas as aulas fossem assim (MM, 2021).

O professor ressaltou que existe citrino natural, que não é ametista.

Achei muito interessante essa temática para aula, pois minha família trabalha com minerais, gostaria que fosse aprofundado os conteúdos (AM, 2021).

No item, o tema mineralogia facilitou a sua aprendizagem sobre os conteúdos desenvolvidos em sala de aula

sim, aprendi um monte jamais vou me esquecer que o sal de cozinha é um composto iônico e que no estado sólido ele não conduz corrente elétrica, também aprendi que existe uma estrutura cristalina que forma os minerais (JR, 2021).

O estudante (JS, 2021) descreve que conseguiu entender os conteúdos de química e conseguiu tirar as dúvidas em sala de aula em todos os momentos.

Outro estudante afirma

achei que as aulas foram inovadoras, diferentes das que estávamos acostumadas, o tema dos minerais é muito importante, eu achava que iríamos aprender em geografia (BS, 2021).

O item que era avaliado, os experimentos realizados permitiram que você correlacionar as observações experimentais com os conteúdos desenvolvidos em sala de aula

sim, as aulas no laboratório foram muito legais, consegui entender o que professor falava em sala de aula lá no laboratório (BS, 2021).

Outros estudantes descrevem seu interesse pelas aulas, ao responder o mesmo tópico

eu gostei bastante das aulas assim, prefiro elas assim (MC, 2021).

Outro tópico abordado para estudantes para avaliar a pesquisa e as aulas foi se aplicação da SD auxílio no desenvolvimento da aprendizagem

sim, ajudou bastante, principalmente que saímos das aulas remotas e começamos ter aulas diferentes vindo a escola (JA, 2021).

Vale destacar que muitos estudantes responderam os tópicos de forma direta, utilizando somente algumas palavras, como por exemplo, sim, bastante, aprendi muito, mas poucos elaboraram respostas completas e conceituadas.

Outro aspecto a ser ressaltado que estudantes também conseguiram relacionar as ligações químicas com a temática mineralogia, conforme cita estudantes (ASS, 2021)

graças aos minerais e a tecnologia, foram evoluindo, para suprir as necessidades da população, e os minerais são substâncias que a gente utiliza todo o dia que são formados por ligações químicas, e umas ligações químicas formam substâncias condutoras outras não, no caso no nosso açúcar que é uma molécula, que não conduz de maneira alguma.

A estudantes (TS, 2021) cita que todos os minerais são formados por ligações químicas e que as ligações químicas formam compostos de dois tipos, iônicos e covalentes.

Para estudantes (JR, 2021) descreveu da importância das atividades experimentais desenvolvidas na SD

as aulas práticas, foram muito importante, pois nessas aulas eu consegui entender muitas coisas que o professor falou em sala de aula, a teoria fica difícil para aprendermos em sala de aula.

Para finalizar a coleta de dados o pesquisador, por meio do questionário de perguntas entregue aos estudantes, remete a pergunta, “a inserção da temática mineralogia nas aulas de química foi importante para o desenvolvimento de seu processo de aprendizagem”, resposta 0 a 10, sendo que 0 para insatisfeito e 10 para completamente satisfeito. O resultado da média obtida na turma da inserção da pesquisa é de 8,7, dado que vai ao encontro das informações do

diário de bordo, que descreve que foi estabelecida aprendizagem nos estudantes por meio da aplicação da SD.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa buscou entender como os estudantes reagem diante da introdução de metodologias inovadoras e contextualizadas, por meio de situações que estão em seu cotidiano. Além disso, a SD mostra uma metodologia com enfoque na CTSA, viável para o ensino e aprendizagem de conteúdos de química inorgânica, sendo fundamental para a contextualização para o Ensino de Química, no Ensino Médio.

As contribuições da SD com enfoque a CTSA por meio de situações problemas elencados em sala de aula, foram importantes para o desenvolvimento das aulas e sua condução, pois em muitos momentos das aulas surgiam, assuntos polêmicos que remetiam a algo que já estava inserido no dia-a-dia dos estudantes, seja no meio de trabalho, vivência da família, notícias veiculadas nos meios de comunicação regional, eventos e algum momento em sala de aula.

A elaboração da SD em uma temática presente no cotidiano dos estudantes, possibilitou o resgate dos conhecimentos prévios dos estudantes e os conhecimentos do senso comum, por meio da mineralogia e o setor pedrista do Município de Soledade, o uso de diversas estratégias metodológicas, como, as Soluções Problemas, Enfoque CTSA, pois foram capazes de fornecer aulas mais contextualizadas e responsáveis por despertar interesse dos estudantes e participação dos estudantes em todos os momentos de aplicação da pesquisa.

Ao realizar o trabalho de pesquisa foi possível observar o envolvimento dos estudantes no decorrer das aulas, da direção da escola em fornecer materiais quando sugeridos e as trocas de períodos adaptados em decorrência do enfrentamento da pandemia com a redução do corpo docente e as adaptações da escola para receber a pesquisa e, principalmente, de incentivos para o uso do laboratório de química, o que foi fundamental para o sucesso da pesquisa e aplicação de novas metodologias no educandário.

REFERÊNCIAS

- ATKINS, Peter; JONES, Loretta; LAVERMAN, Leroy. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. Bookman Editora, 2012.
- AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 7, n. 1, p. 1–13, 2001.
- BARBOSA, P. S. Competindo no Comércio Internacional: Uma Visão Geral do Processo de Exportação. São Paulo: Aduaneiras, 2004. 592 p.
- BARREIROS, Gláucia Britto, e DULCINÉIA Ester Pagani Gianotto. Formação de professores na perspectiva reflexiva: panorama da produção acadêmica da área de educação para ciências e a matemática. janeiro de 2018. repositorioinstitucional.uea.edu.br, <http://repositorioinstitucional.uea.edu.br/handle/riuea/2740>.
- BAZZO, Walter Antônio. Ciência, tecnologia e sociedade: o contexto da educação.
- BECKER, Leandro. **Soledade Aposta na Gestão e Inovação para Consolidar o Polo Joalheiro na América Latina**. Zero Hora, Porto Alegre, ano 2012.
- BOGDAN, Roberto C.; BIKLEN, Sari Knopp. Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora, 2010.
- BORGES, A; LUZ, J; FERREIRA, L. **Caracterização da parcela magnética de minério fosfático de carbonatito**. REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 61(1): 29-34, jan. mar. 2008.
- BRADY, J. E.; SENESE, F. Química, a Matéria e suas Transformações, tradução da 5a edição norte-americana. **Livros Técnicos e Científicos: Rio de Janeiro**, 2009.
- BRANCO, P. DE M.; CHAVES, M. L. DE S. C. **A Mineralogia e alguns de seus minerais raros ou de gênese exótica**. Terra e Didática, v. 2, n. 1, p. 75, 2015.
- BRANCO, P. GIL, C. **Mapa gemológico do Rio Grande do Sul. Informe de recursos minerais**. 2º edição. CPRM: Porto Alegre, 2002.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2000. CONAMA. Resolução nº 430, 13 de maio de 2011. Ministério do Meio Ambiente, 2005.
- BRITO, Alan Alves; MASSONI, Neusa Teresinha. Uma estratégia de jogo na educação básica: o uso da história dos elementos químicos e da tabela periódica de Mendeleev para discutir conceitos contemporâneos. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 1, p. 177– 196, 2019.
- BROWN, I. D. **The Bond Valence Model as a Tool for Teaching Inorganic Chemistry: The Ionic Model Revisited**, J. Chem. Educ. 77 (2000) 1070–1075.
- BROWN, T. L.; LEMAY JR, H. E. E; BUSTEN, B. E; BURDGE, JR. **Química a ciência**

central, São Paulo, Prentice Hall, 1997.

CARISSIMI, E., SCHNEIDER, I.A.H. Tratamento e aproveitamento continuado da água na indústria de pedras preciosas de Soledade, RS. Tecnologias para o setor de gemas, jóias e mineração. Porto Alegre: IGEO/UFRGS. Cap. 13, p. 181-192, 2010.

CAVALCANTE, B. P.; MARIA, A.; MARCELO, L. R. **O Desastre de Mariana como Abordagem Investigativa e CTSA no Ensino de Química** The Mariana Mining Disaster At Chemistry Teaching By Methodological Approach Investigative And Stse conceitos científicos de forma dinâmica e atrativa , além de quebrar paradig. p. 173–185, 2015.

CHASSOT, Á. I. A educação no ensino da química. Ijuí: Ed. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 1990. cidadania. 4. ed. Ijuí: Unijuí, 2010. Ciências e Matemáticas, v. 9, n. 17, p. 49-62, jul. 2012.

COX, K. **Minerais e rochas**. In: GASS, I. G.; SMITH, P. J.; WILSON, R. C. L. Vamos compreender a terra. Coimbra: Almedina, 1984.p. 15-45.

DANTAS, A. B.; ANJOS, C. ; C. R. DOS. Relato de Experiência: Atividade de Monitoria em Mineralogia Aplicada à Química no Campus Pontal da Universidade Federal de Uberlândia Experience Report : Monitoring Activity in Mineralogy applied to Chemistry in the Pontal Campus of the Universidade Fed. v. 22, p. 33–37, 2018.

DELIZOICOV, D. A. D. **Alfabetização Científico-Tecnológica Para Quê? Ensaio – Pesquisa Em Educação Em Ciências**, v. 03, n. 1, p. 1–17, 2001.

DORHOUT, P. K. Teaching Chemistry in the New Century: Inorganic Chemistry.

DUARTE, H. A. **Ligações Químicas: ligação iônica, Covalente e Metálica**. Revista Química Nova na Escola, 2001.

DURAND, Ângela Malvina. Química Da Vida E Saúde a Química Dos Minerais : Uma Temática Para Investigar O Papel Da Experimentação . Dissertação (mestrado) Apresentada no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde. Da Universidade Federal de Santa Maria-UFSM. N°. 2015.

ECHIGO, Takuya; KIMATA, Mitsuyoshi. Crystal chemistry and genesis of organic minerals: a review of oxalate and polycyclic aromatic hydrocarbon minerals. **The Canadian Mineralogist**, v. 48, n. 6, p. 1329-1357, 2010.

Ensino-Aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática: O Novo Ensino Médio. Porto Alegre: Editora Sulina, 2004.

GRADASCHI, Rosane Beatriz. Poluição do Arroio Bernardina- Nascente do Rio Fão, um estudo atual. Monografia apresentada para a conclusão da graduação em geografia do Instituto de Ciências Exatas e Geociências (ICEG) da Universidade de Passo Fundo. UPF, 1989.

GRASSI, P. et al. Aspectos e impactos ambientais em garimpo de mineração de pedras preciosas. **6o Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente**, 2018.

GUSMÃO, A. Z.; RIBEIRO, R.; FONTES, W. **Construindo um módulo de ensino utilizando o tema : Nutrição para a promoção da saúde**. Anais do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química/ X Encontro de Educação Química da Bahia, p. 1–11, 2012.

IC, D. D. A. R. et al. Mineralogia na aula de química: as propriedades dos sólidos. p. 2012, 2012.

interdisciplinaridade. **Anais do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ)**, 2008.

Journal of Chemical Education, v. 78, n. 9, p. 1171, 2001.

JUCHEM, P. L. et al. MINERAIS, MINERIOS E METAIS – um elo para

KELTER, P. B. et al. A chemistry course for elementary education majors: What is possible when the chemistry and education departments see eye to eye. **Journal of Chemical Education**, v. 73, n. 10, p. 933–937, 1996.

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

KUENZER, A. As mudanças no mundo do trabalho e a educação: novos desafios para a gestão. São Paulo, Cortez, 2001.

KUENZER, A. As mudanças no mundo do trabalho e a educação: novos desafios para a gestão. São Paulo, Cortez, 2001.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. DE A. Metodologia do trabalho científico. São Paulo: Atlas, 1996.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos da metodologia científica 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

LIMA, Marília Freires de; ARAÚJO, Jefferson Flora Santos de. **A utilização das tecnologias de informação e comunicação como recurso didático-pedagógico no processo de ensino e aprendizagem**. *Revista Educação Pública*, v. 21, nº 23, 22 de junho de 2021. Disponível em: <<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/23/a-utilizacao-das-tecnologias-de-informacao-e-comunicacao-como-recurso-didatico-pedagogico-no-processo-de-ensino-aprendizagem>>. Acesso. 08 de abril de 2023,

MALDANER, Otavio Aloisio; ZANON, Lenir Basso. Situação de Estudo: uma organização do ensino que extrapola a formação disciplinar em ciências. Espaço da Escola, n. 41, Ijuí: Ed Unijuí, p.45-60, jul./set. 2001.

MERIEU, P. Aprender... sim, mas como? 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em Saúde. 12. ed. São Paulo: Hucitec, 2010.

Uma mina em suas mãos: conheça os principais minerais que estão dentro do seu celular. <https://institutominere.com.br/blog/uma-mina-em-suas-maos-conheca-os-principais-minerais-que-estao-dentro-do-seu-celular>. Acessado 2 de julho de 2023.

MISTURA, C. M. Catálise enzimática e nanopartículas magnéticas aplicadas ao tratamento de efluentes da indústria de tingimento de ágatas com corantes orgânicos. **Tese apresentada ao programa de pós graduação em engenharia de minas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, v. 8, n. 5, p. 55, 2019.

MOTA, J. Aprendizagem Significativa. p. 0–60, 2014.

MULINARI, M. **Análise do processo de produção da extração de pedras preciosas visando alternativas rentáveis e ambientalmente eficazes**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, RS, 2011.

MUNHOZ, Antonio Siensem. Aprendizagem baseada em problemas: ferramentas de apoio ao docente no processo de ensino aprendizagem. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

NICKEL, Ernest H. Definition of a mineral. **Mineralogical Magazine**, v. 59, n. 397, p. 767-768, 1995.

NUÑEZ, I. B.; SILVA, S. F. O ensino por problemas e trabalho experimental dos estudantes – reflexões teórico-metodológicas. *Química Nova*, v. 25, n. 6B. nov/dez 2002. p. 1197-1203.

NUÑEZ, I. B.; MARUJO, M. P.; MARUJO, L. E. L.; DIAS, M. A. S. O Uso de Situações problema no Ensino de Ciências. In: NUÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. Fundamentos do Ensino-Aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática: O Novo Ensino Médio. Porto Alegre: Editora Sulina, 2004.

PALMEIRA, Afonso Gilmar. **O setor de Pedras Preciosas e suas Dinâmicas**. p. 1–126, 2009.

PASSOS; Hugo Fernando Ferraz Dos, V. A. C. A. L. R. D. O. A identificação de áreas de assoreamento no córrego vaca brava em goiânia (go) via trabalho de campo. **Revista Mirante, Anápolis (GO)**, v. 12, n. 2, dez. 2019, p. 11–35, 2019.

POMEROL, C.; LAGABRIELLE, Y.; RENARD, M.; GUILLOT, S. Princípios de geologia: técnicas, modelos e teorias. Porto Alegre: Bookman, 2013.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SOLEDADE. Secretaria da Indústria e Comércio. Soledade. 2020.

Referencial Curricular Gaúcho: Ciências da Natureza. p. 112, 2018.

RIBEIRO, H. M.; SILVA, O. M. DA. O Desempenho Do Brasil No Mercado Internacional De Pedras Preciosas. **Unimontes Científica**, v. 12, n. 1/2, p. 87–94, 2008.

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.

ROSA, B. et al. A maturidade inovadora das empresas da rede de pedras preciosas de ametista do sul. **Gestão & Regionalidade - Vol. 29 - No 85 - jan-abr/2013**, 2013.

SAMRSLA, V. E. E. et al. Da Mineralogia à Química: Uma Proposta Curricular para o Primeiro Ano do Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, v. 25, 2007.

SAMRSLA, V. E. E. et al. Da Mineralogia à Química: Uma Proposta Curricular para o Primeiro Ano do Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, v. 25, 2007.

SANDERSON, Vitor Matheus. Contaminação Ambiental Do Arroio Bernardina: Uma Proposta Didática Para O Ensino De Química Nos Anos Finais Do Ensino Fundamental. Monografia apresentada no Programa de Pós Graduação de Ensino de Ciências C10, Instituto de Ciências Básicas da Saúde ICBS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2022.

SANTOS, Wildson Luís Pereira dos, AULER, Décio. CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011.

____SANTOS, Wildson Pereira dos; MORTIMER, Eduardo, Fleury. Uma análise de ____SANTOS, Wildson, Luiz Pereira dos; AULER, Décio. CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011.

____CHNETZLER, Roseli Pacheco. Educação em Química: compromisso com a cidadania. 4. ed. Ijuí: Unijuí, 2010

SCHILLER, D. T.; PLATCHEK, R. G. B. Estudo de mercado para a exportação de pedras de ametista brasileiras para a União Europeia / Market study for the exportation of brazilian amethyst stones to the European Union. **Brazilian Journal of Business**, v. 2, n. 4, p. 3548–3574, 2020.

SCHNETZLER, Roseli Pacheco. Educação CTS e cidadania: confluências e diferenças. *Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, v. 9, n. 17, p. 49-62, jul. 2012.

SCHNETZLER, Roseli Pacheco. Educação em Química: compromisso com a cidadania. 4. ed. Ijuí: Unijuí, 2010.

SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO- DEPARTAMENTO PEDAGÓGICO.

SHUAI, Z.; ZHANG, X.; SHAO, J. Chemical sciences: Contributions to building a sustainable society and sharing of international responsibilities. **ACS Symposium Series**, v. 1157, p. 101–139, 2014.

SILVA, R. D. A.; PETTER, C. O. Mineração Avaliação da perda da coloração artificial de ágatas. v. 60, n. 3, p. 477–482, 2007.

“Soledade aposta em gestão e inovação para consolidar polo joalheiro na América Latina”. *GZH*, 19 de maio de 2012,

<https://gauchazh.clicrbs.com.br/economia/noticia/2012/05/soledade-aposta-em-gestao-e-inovacao-para-consolidar-polo-joalheiro-na-america-latina-3763079.html>.

SOUZA, T. P.; MONTEIRO, I. Produção Mineral No Brasil: Ensaio Teórico Sobre a Epidemiologia Da Silicose. **Revista CIATEC-UPF**, v. 11, n. 1, p. 70–77, 2019.

SUL, Assembleia Legislativa do Rio Grande. Projeto De Lei N.o 3.222, De 2012. v. 2012, p. 1–3, 2012.

TAVERES, R. **Aprendizagem Significativa. Conceitos**, v. 1, p. 6, 2004.

TESSMANN, C. SIEBURGER. Importância do binômio design e engenharia no beneficiamento de rejeito mineral de opala e ágata na produção de camafeus por usinagem cnc. v. 1, p. 12–42, 2009.

TRENTO, E. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativa com Enfoque CTS par Abordar o tema de Extração Mineral**. Dissertação Apresentada no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e matemática, do Instituto de Ciências Exatas e Geociências, da Universidade de Passo Fundo, v. 1, n. UPF, p. 61, 2019.

TRIVIÑOS, Augusto NIBALDO Silva. Três enfoques na pesquisa em ciências sociais: o positivismo, a fenomenologia e o marxismo. In: *Introdução à pesquisa em ciências sociais*. São Paulo: Atlas, 1987. p. 31-79.

VANIN, J. A. Picturing the chemical relevance. **Journal of Chemical Education**, v. 68, n. 8, p. 652–654, 1991.

VAZ, J. G.; CARNEIRO, V. A. **Escala de Mohs: O Grau de Dureza dos Minerais dos Estojos Didáticos do Acervo da SEGEP- Seção de Geologia e Paleontologia da UEG /CCET Revista Percurso**, 8(2), 27-57, 2016.

VERGNAUD, G. (1982). A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In Carpenter, T., Moser, J. & Romberg, T. (1982). *Addition and subtraction. A cognitive perspective*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum. pp. 39-59.

VIEIRA, L. C. et al. Avaliação dos impactos ambientais do beneficiamento de pedras preciosas. 2012.

WARTHA, E.; SILVA, E.; BEJARANO, N. Cotidiano e contextualização no ensino de Química. **Química nova na escola**, v. 35, n. 2, p. 84–91, 2013.

WERMUTH, Tiago Berden; RODRÍGUEZ. Adriane Lawisch; BERGMAM, Carlos Pérez; A. S. Descolorimento de efluente associado ao tingimento de ágatas contendo rodamina b com diferentes combinações fotocatalíticas via processos oxidativos avançados (POA's). p. 117–123, 2013.

WILDSON LUIZ PEREIRA DOS SANTOS. Educação Científica Humanística em Uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino de CTS. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 109–131, 2008.

WILDSON LUIZ PEREIRA DOS SANTOS. Educação Científica Humanística em Uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino de CTS. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 109–131, 2008.

XIAO, C. et al. Online Teaching Practices and Strategies for Inorganic Chemistry Using a Combined Platform Based on DingTalk, Learning@ZJU, and WeChat. **Journal of Chemical Education**, 2020.

ZABALA, Antoni. A prática educativa como ensinar. Tradução: Ernani F. da F. Rosa. Reimpressão 2010. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZABALZA, Miguel A. Diários de aula: instrumento de pesquisa e desenvolvimento Profissional. Porto Alegre: Artmed, 2004.

APÊNDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado(a) Estudante,

Este Termo é um convite para que você participe de uma pesquisa de caráter acadêmico, vinculada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional- PROFQUI – Polo UFRGS. Como a sua participação é fundamental, solicitamos que você responda ao questionário.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO ESTUDANTE

Este termo refere-se à pesquisa intitulada **SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO DE QUÍMICA INORGÂNICA COM ATEMÁTICA MINERALOGIA**, objeto da Dissertação de Mestrado de autoria de **Vitor Matheus Sanderson** sob orientação da Professora dra Silvana Inês Wolke e Coorientação Professor Dr Aloir A. Merlo. Essa pesquisa está vinculada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional- PROFQUI – Polo UFRGS. Participarão da pesquisa, os estudantes de Ensino Médio, da Escola Instituto Estadual São José, que compõem as turmas da disciplina de Química, ministradas pelo Professor Vitor Matheus Sanderson, que é o pesquisador.

O objetivo da pesquisa será analisar a utilização, em sala de aula, de materiais didáticos elaborados pelo professor, incluindo o aplicativo meu acervo mineralógico. Para tanto, serão colhidos dados a partir de questionários elaborados pelo pesquisador antes e depois da utilização dos materiais didáticos. Os resultados serão utilizados para a redação da dissertação, elaboração de trabalhos e artigos de natureza científica/acadêmica. A identidade do participante será mantida em sigilo.

A participação nesse estudo envolve o preenchimento de questionários. O participante poderá se recusar a participar ou mesmo desistir em qualquer momento, sem qualquer prejuízo. Contudo, solicita-se a colaboração para que sejam obtidos melhores resultados na pesquisa.

Essa pesquisa não oferece risco ou benefício direto ao participante. O participante não terá nenhuma despesa e também não receberá pagamento ao participar da pesquisa. Todas as informações serão confidenciais, interessando apenas dados coletivos e não particularidades de cada participante.

Em caso de dúvidas, você poderá solicitar esclarecimentos a qualquer momento diretamente ao pesquisador, Professor Vitor Matheus Sanderson, pelo 54997-13984 ou e-mail vitormatheussanderson15@gmail.com ou para a Professora Silvana Inês Wolke, pelo telefone 3308-9735 ou e-mail: silvana.wolke@ufrgs.br.

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, participarei desta pesquisa.

Nome do Participante:

Data de Nascimento:

Assinatura do Participante:

Porto Alegre, 06 de agosto de 2021. Assinatura da Pesquisador:

APÊNDICE B

Produto Educacional

**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.estudokids.com.br/minerais/>

Fonte: <https://www.minasjr.com.br/como-identificar-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 Mineral¹⁰

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



¹⁰ 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 dolomita



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 aos 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 cristalquímica é a ciência que estuda a composição química dos minerais e suas relações com suas estruturas cristalinas.

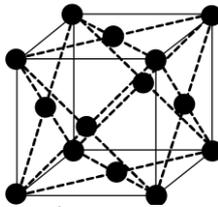
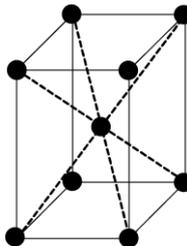
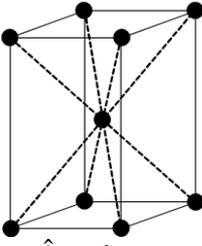
PROPRIEDADES DOS MINERAIS

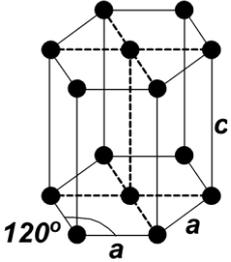
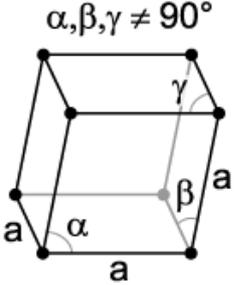
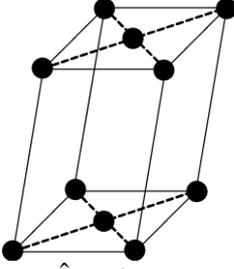
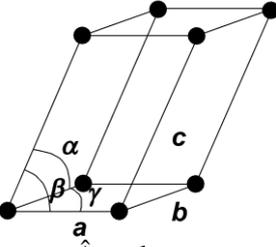
Os Minerais e os Sistemas Cristalinos

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 triclínico. 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 $a \neq b \neq c \neq a$</p> <p>Ângulos entre os eixos $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$</p>

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

Fonte: adaptado de Klein, Dutrow (2012)

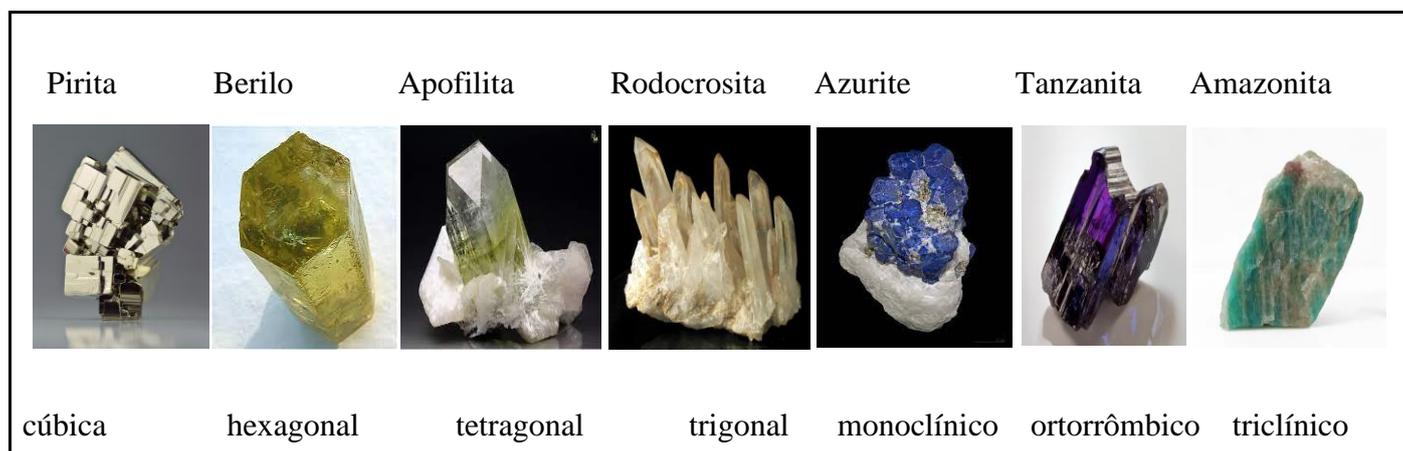
Quadro 02: Exemplos de algumas espécies de minerais encontrados em lojas de Soledade e suas estruturas cristalinas

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



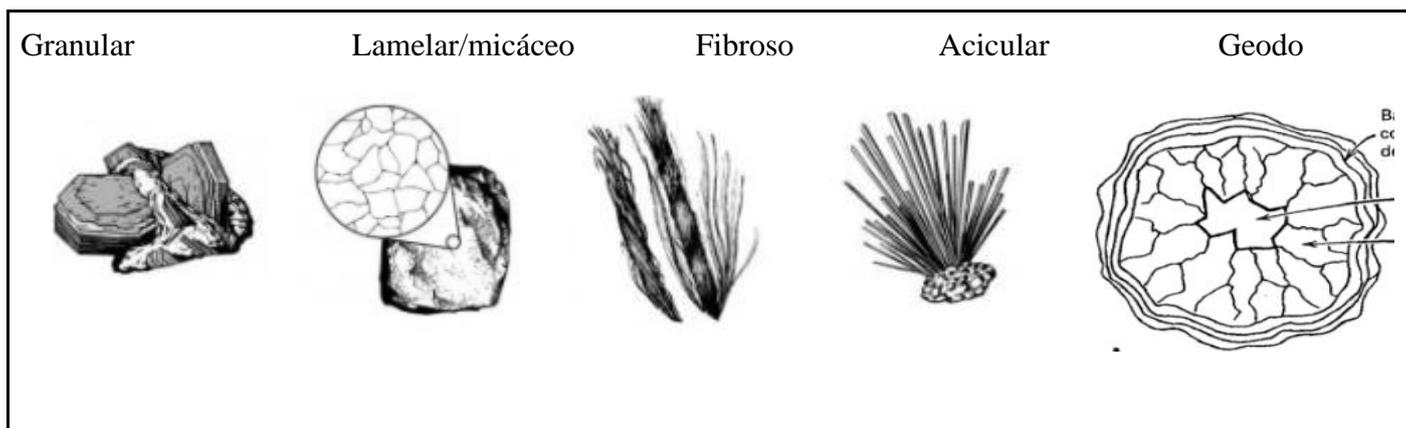
Fonte: adaptado de Crystal geology in (2017).

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/catalago-mineralogia.pdf
Compacto	Mineral extremamente finos (<2micrômetros). Grãos individuais não são visíveis a olho nú	Caulinita	 caminhosocristais.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)



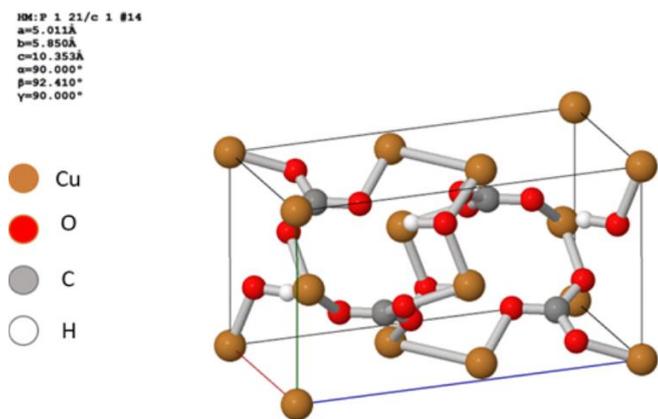
O Talco é um silicato de magnésio hidratado, nativo (extraído da terra = filossilicato de magnésio), podendo conter uma pequena proporção de silicato de alumínio. É um pó cristalino muito fino, branco ou branco acinzentado e untuoso, hidrófobo, adere facilmente à pele é macio ao toque. Pode conter bactérias. 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:

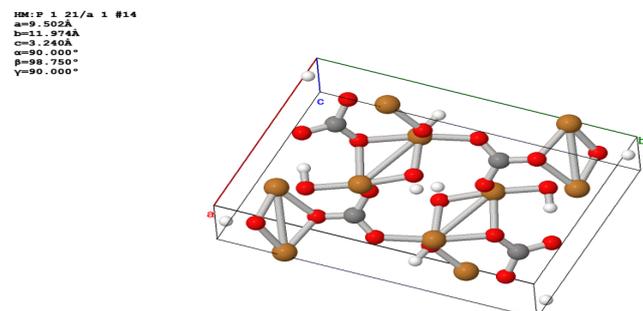
Figura 5- Célula unitária da azurita e amostra azurita



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



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.

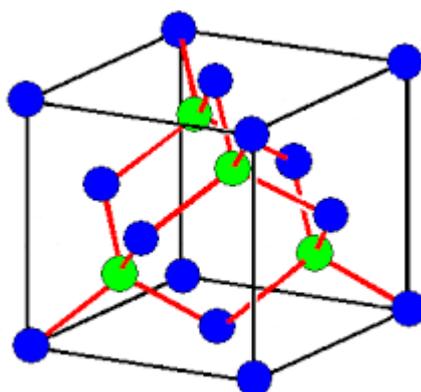
<https://www.wemystic.com.br/escala-dureza-moh>

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	Ortoclásio 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

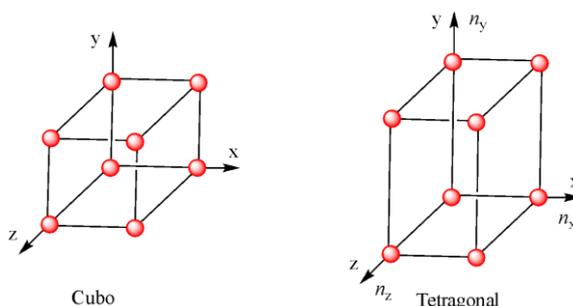
A luz é constituída por dois raios, que comumente são denominados campo elétrico e campo magnético. Estes raios, que na ótica são denominados raio ordinário e raio extraordinário, se propagam a 90 graus. Além disto, se observa que os comprimentos de onda destes raios são diferentes e, por isto, em determinados 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 [Phttps://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=23485&idVideoVersion=51668](https://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=23485&idVideoVersion=51668)olarização da luz-birrefringência.

Figura 09- Sistemas isotrópicos e anisotrópicos x Birrefringência

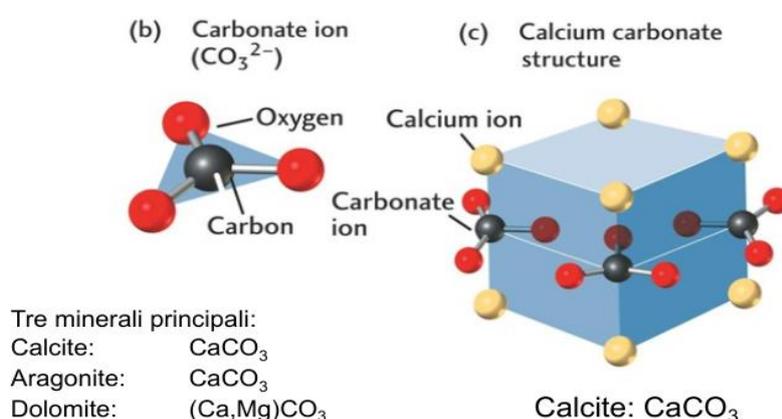


Fonte: do autor (2021)

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 minerais¹¹ 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.

OS MINERAIS E O AVANÇO TECNOLÓGICO

¹¹ Tradução do autor, do site <https://slideplayer.it/slide/10252780/>

“Uma mina em suas mãos: conheça os principais minerais que estão dentro do seu celular”, instituto minere¹²

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)
- ❖ 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)

¹² 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.

- ❖ 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

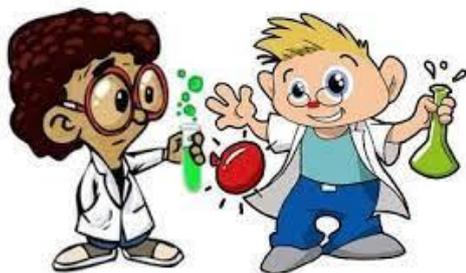
- Coletar informações dos conhecimentos prévios dos estudantes
- Discutir a classificação dos sistemas materiais
- Refletir sobre o uso dos elementos químicos em nosso cotidiano
- Compreender a tabela periódica e as propriedades periódicas

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

Estudando a tabela periódica

Curiosidades que você precisa saber sobre os elementos químicos

Acesso ao e-book



Tabela Periódica dos Minerais

Instruções

Acessar o QR-code

Tabela periódica com minerais

Clique nos elementos para conferir exemplos de minerais nos quais são encontrados alguns dos elementos químicos.

Tabela periódica com minerais
Clique aqui e veja informações sobre os outros elementos químicos



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 aplicativo¹³.
- 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 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.

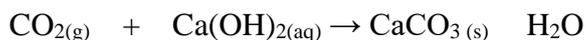
Fichas catalográficas

¹³ Aplicativo desenvolvido pelo professor, utilizando o e-mail institucional dos estudantes, disponível apenas para o domínio @educar.

Dolomita								
Azurita								
Malaquita								
Calcita								
Halita								
Lazurita								
Apatita								
Turquesa								
Piromorfita								
Diásporo								
Brucita								
Goethita								
Gibbsita								



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: [Dolomita 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 piritita; ou outros minerais disponíveis e placas de porcelana (branca e preta).

Procedimento¹⁴:

- 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.

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.

¹⁴ Adaptado do kit de análises de minerais do laboratório Geológico Terras Brasilis Didáticos disponível no *site* <https://terrabilisdidaticos.com.br/>.

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:

Aparelho¹⁵ 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 ¹⁶	Fórmula química	Modelo de ligação química	Tipo de substância
Sulfato de cobre						
Água destilada						
Água da torneira						
Acetona						
Sacarose						
Cloreto de sódio						
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](#)

¹⁵ 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>

¹⁶ Utilização de vídeo para ensino de química auxiliando no desenvolvimento da aula.



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) CuSO ₄ . H ₂ O		
Cloreto de níquel NiCl ₂		
Nitrato de ferro Fe(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 (FeSO₄) 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.

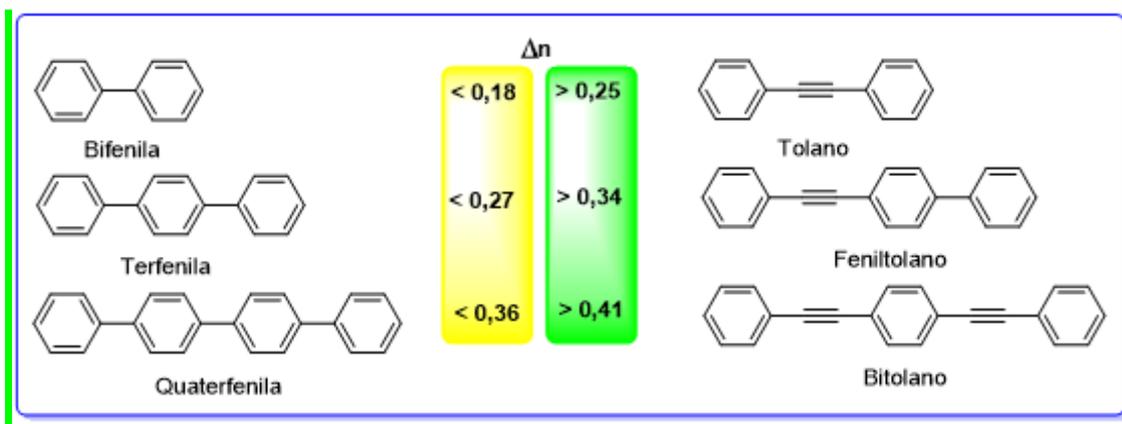
Desenvolvimento

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.

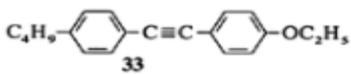
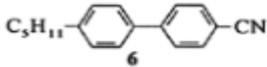
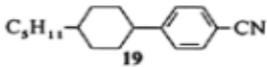
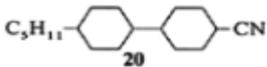
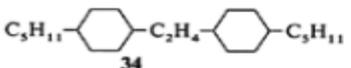
O quadro abaixo mostra a importância das insaturações e a interação com a luz. É importante notar que a birrefringência aumenta com o aumento do eixo molecular maior – ao longo dos anéis aromáticos e ligações triplas – A adição de anéis aromáticos incrementa a birrefringência em aproximadamente 0,7.

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

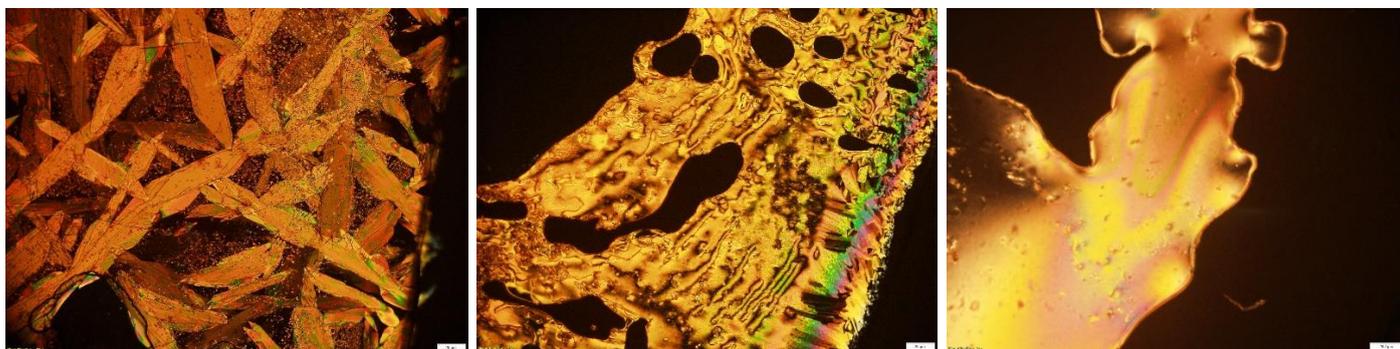
Fonte: do autor, (2022).

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 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.

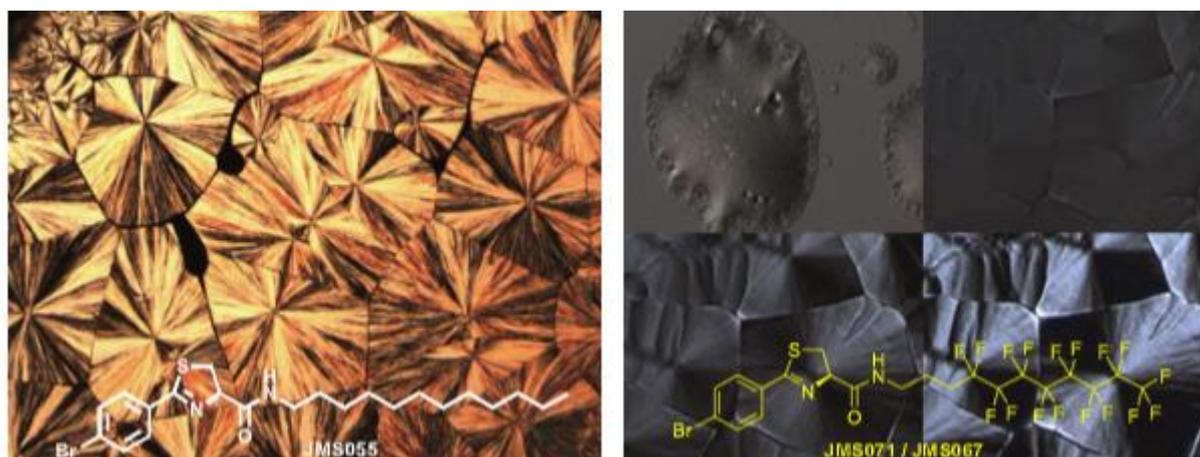
Figura 11. Textura de cristal líquido na fase sólida (esquerda) e de um cristal líquido na mesofase nemática em 166 °C (centro) e 215 °C (direita) observado com MOLP.

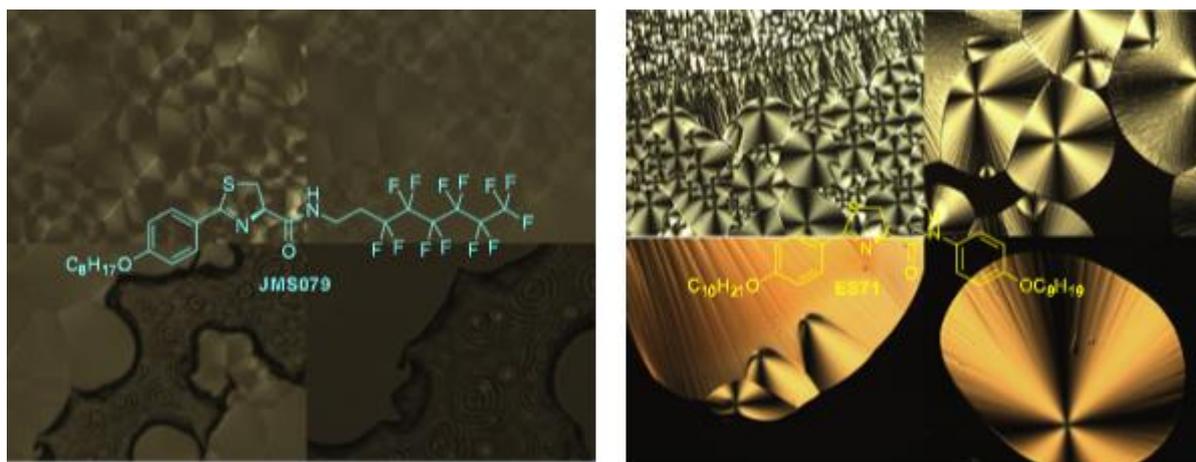


Na figura 12 abaixo são mostradas fotografias de diferentes compostos orgânicos que apresentam uma forma alongada de bastão. A birrefringência é resultado da distribuição eletrônica das nuvens de elétrons em duas orientações distintas – ao longo do eixo molecular maior perpendicular a esse eixo (fator 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.

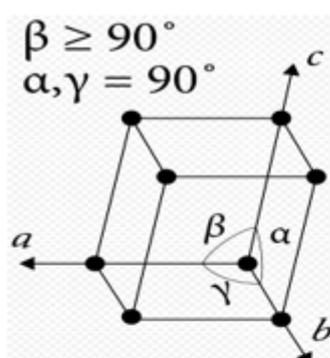




Birrefringência em cristais moleculares derivados de isoxazol Lu-75 e isoxazolinas Lu-64.

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 monoclinica e ortorrômbica dos compostos *supra-citados* estão apresentados a seguir, na Figura 13.

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

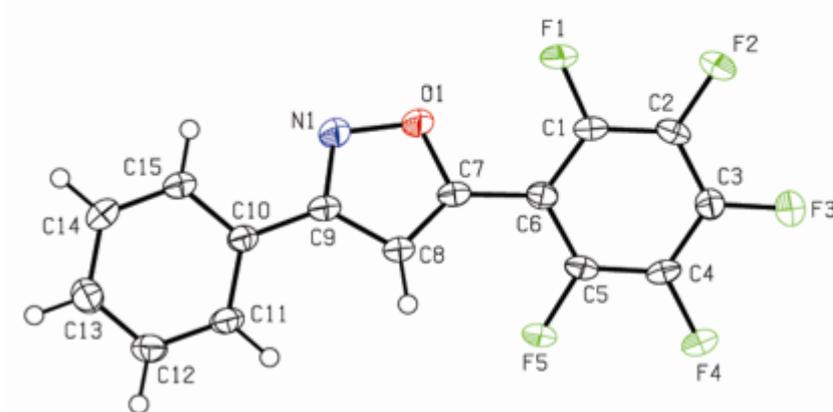


Fórmula empírica $C_{15}H_6F_5NO$
 Massa molar 311.21
 Temperatura 200(2) K
 Sistema Cristalino: Monoclínico

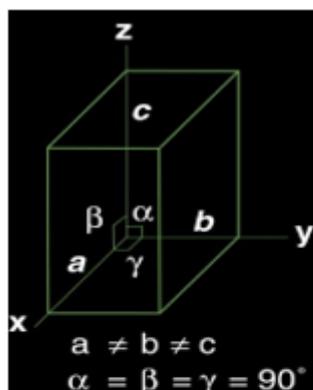
Dimensões da cela unitária

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

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



Dados e estrutura cristalina para o isoxazol Lu75.



Fórmula empírica
 Massa molar 313.22
 Temperatura 200(2) K
 Sistema Cristalino

Dimensões da Cella unitária

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

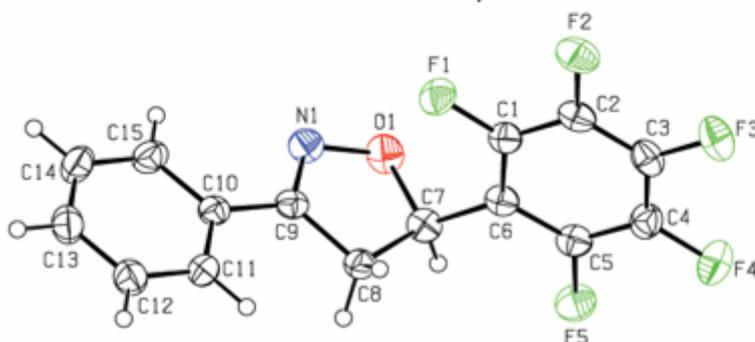
$C_{15}H_8F_5NO$

Ortorômbico

$\alpha = 90^\circ$.

$\beta = 90^\circ$.

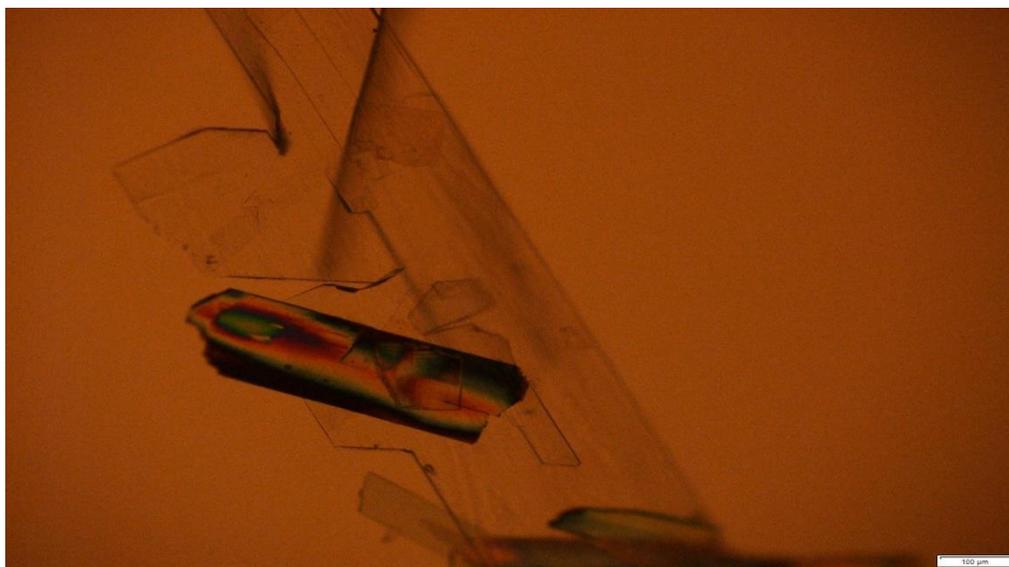
$\gamma = 90^\circ$.



Dados e estrutura cristalina para a isoxazolina Lu64.

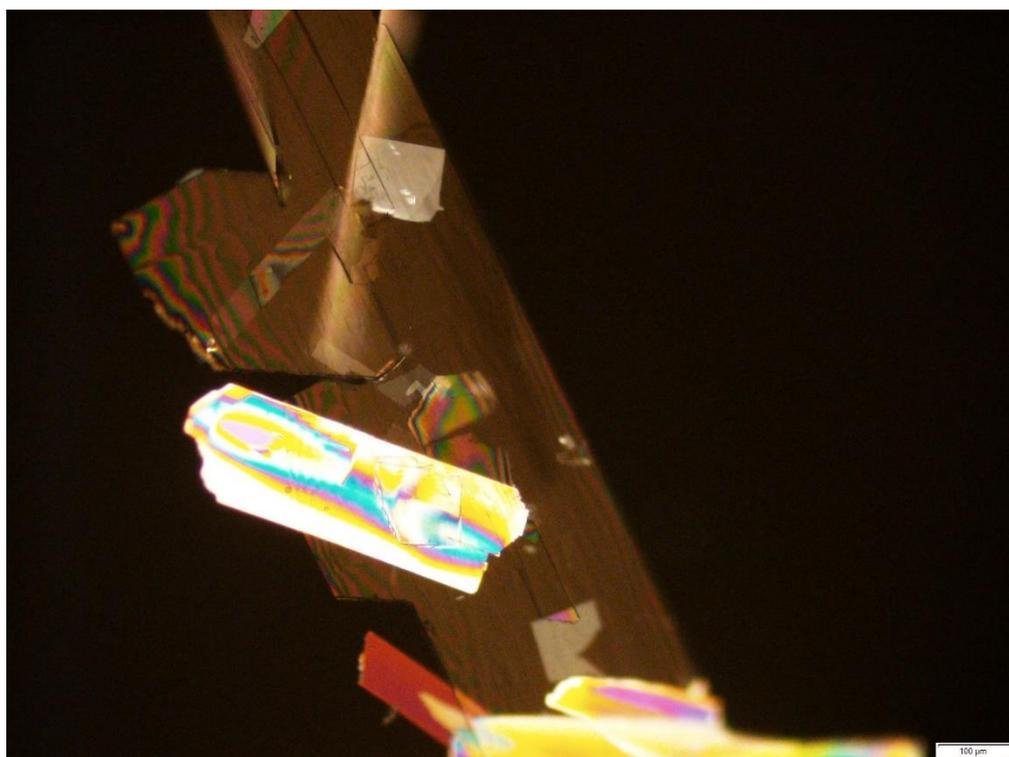
As figuras 14, 15, 16 e 17 apresentam micrografias das amostras Lu-75 e Lu-64 obtidas com luz natural e luz polarizadas. Quando as amostras são analisadas sob polarizadores cruzados, as micrografias apresentam um forte colorido, como resultado da anisotropia óptica dos cristais obtidos.

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



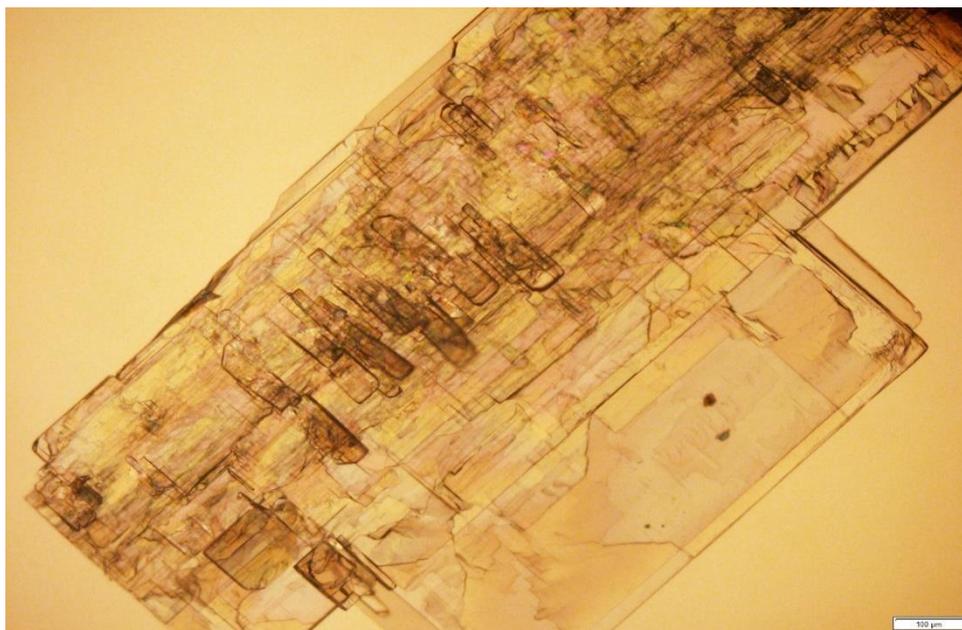
Fonte: do autor, (2022)

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



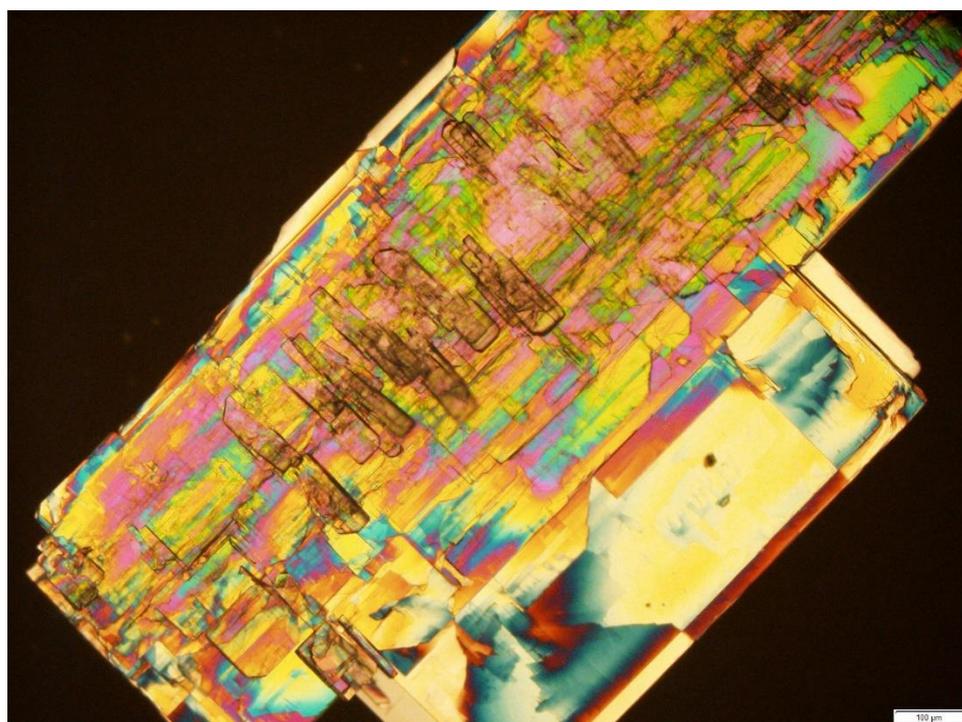
Fonte: do autor, (2022)

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

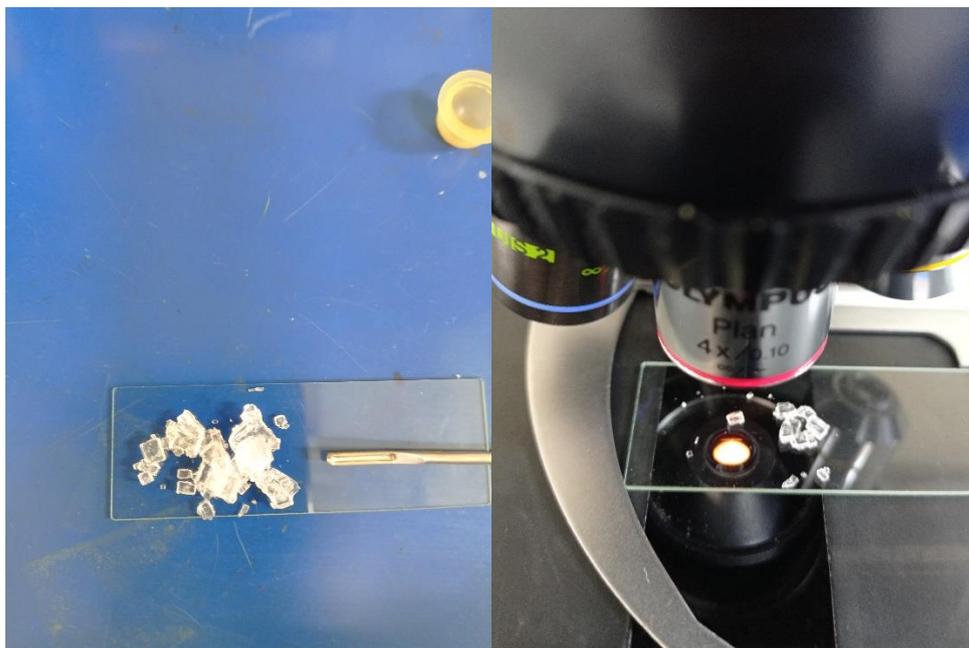


Fonte: do autor, (2022)

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.

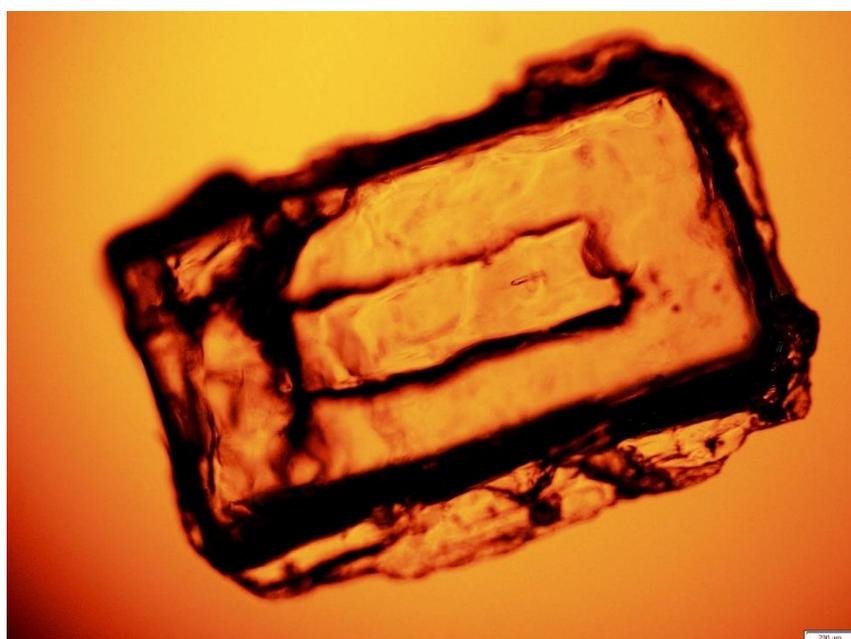
Figura 18- Amostras de NaCl em lâminas para observação no microscópio de Luz Polarizada Olympus



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 das imperfeições criadas nessas regiões após a evaporação do solvente ou deformações mecânicas. Os polarizadores estão alinhados na direção vertical da página ↑.

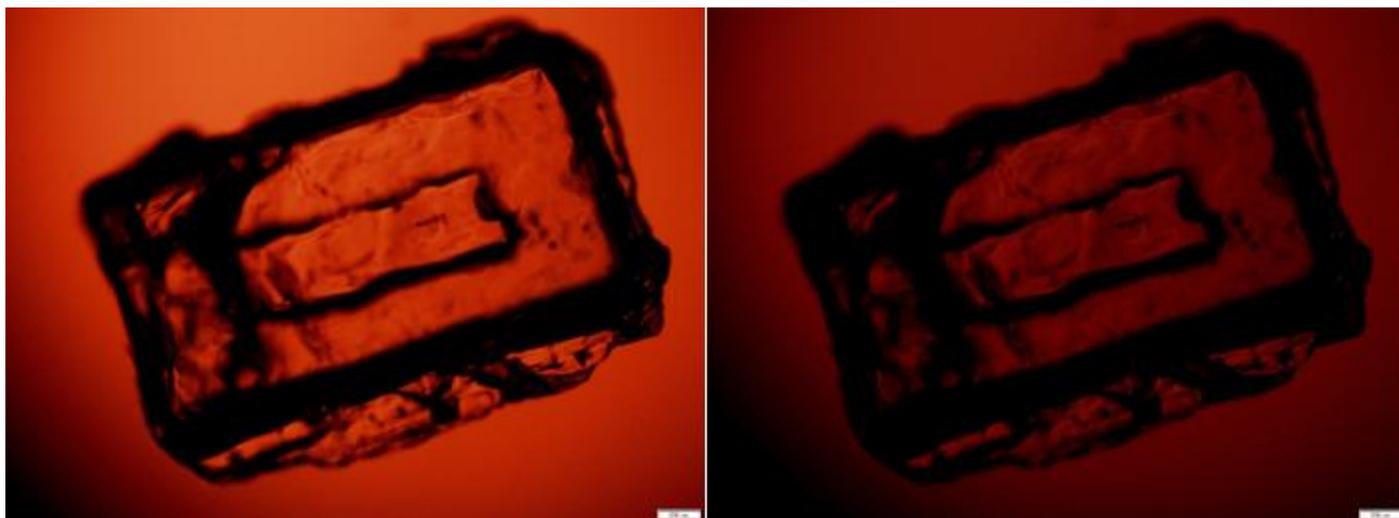
Figura 19- Cristais de NaCl, com dois polarizadores paralelos ↑↑



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.

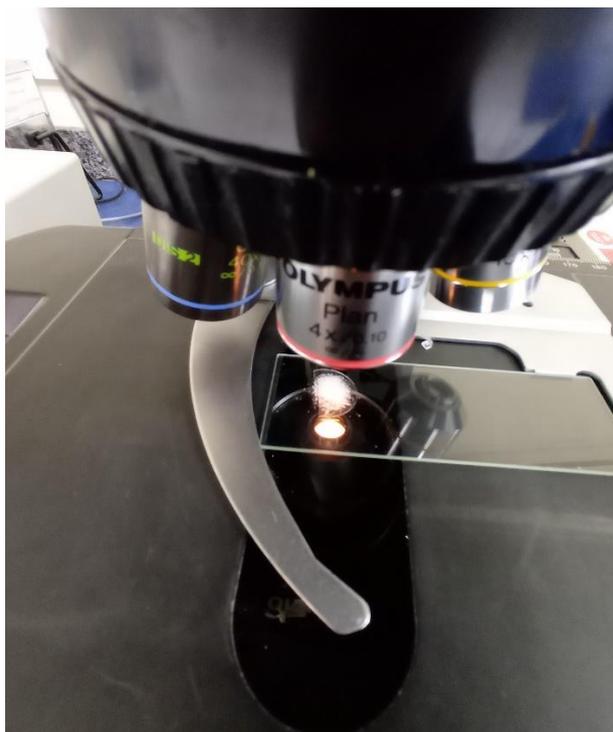
Figura 20- Cristais de NaCl em dois polarizadores perpendiculares →↑



Fonte: do autor, (2022)

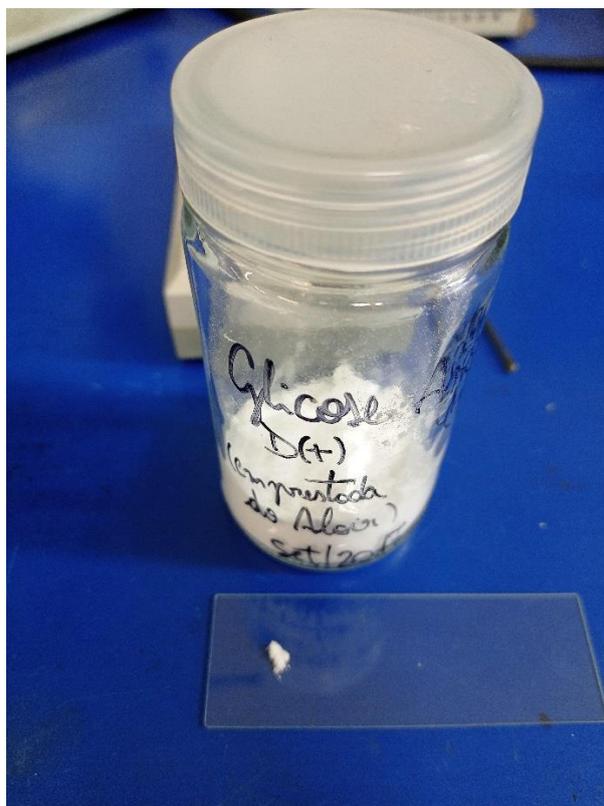
Cristais de Glicose

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



Fonte: do autor, (2022)

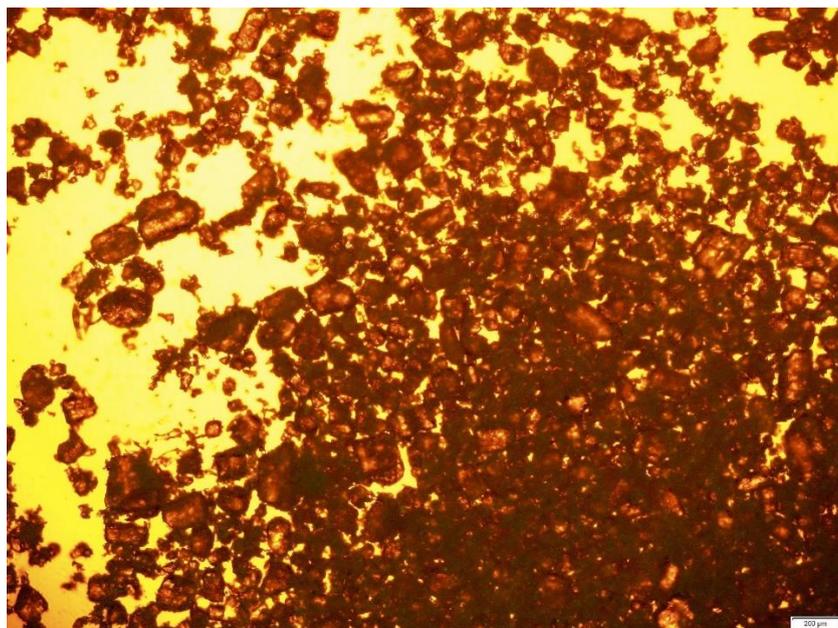
Figura 22- Cristais de D-(+)-glicose para analisar



Fonte: do autor, (2022)

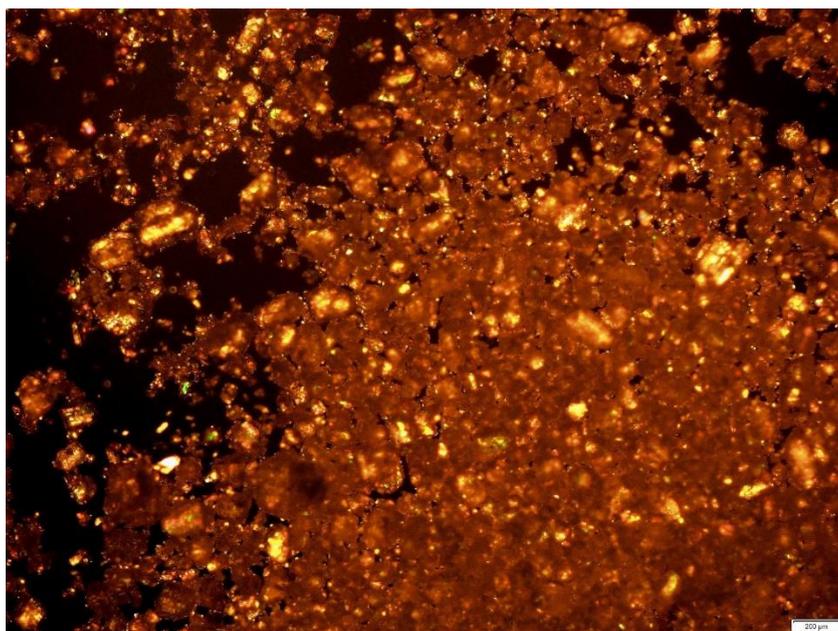
Nas duas figuras abaixo são as fotos dos cristais de glicose observados no microscópio de luz polarizada com os polarizadores em paralelo e cruzado. Observar que nas regiões que não apresenta amostra, o contraste claro e escuro é muito nítido, indicando então que esses cristais foram estruturas anisotrópicas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

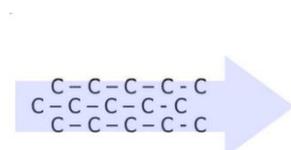
Ex. Uma esfera – um único índice de refração da luz; uma elipse – com dois índices de refração

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



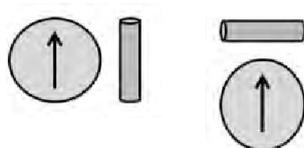
Orientação preferencial das ligações químicas



Elipse da birrefringência

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://eaulas.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, despreendendo bolhas de CO_2 .

Em algumas amostras de minerais, pingue gotas de ácido clorídrico ($\text{HCl}_{(aq)}$) 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 Ii, 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.