



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

RAYANE CRISTINE GOMES ACIOLE

Uso de modelos na abordagem de Geometria de Sólidos Cristalinos:
experiência vivenciada na Monitoria de Química Inorgânica L1

Recife/PE
2021

RAYANE CRISTINE GOMES ACIOLE

Uso de modelos na abordagem de Geometria de Sólidos Cristalinos:
experiência vivenciada na Monitoria de Química Inorgânica L1

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos para conclusão do curso de graduação em Licenciatura em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Ivoneide de Carvalho Lopes Barros.

Recife/PE
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A181u Acirole, Rayane Cristine Gomes
 Uso de modelos na abordagem de Geometria de Sólidos Cristalinos: experiência vivenciada na Monitoria de Química Inorgânica L1 / Rayane Cristine Gomes Acirole. - 2021.
 92 f. : il.
- Orientadora: Ivoneide de Carvalho Lopes Barros.
 Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Licenciatura em Química, Recife, 2021.
1. Modelos. 2. Estrutura Cristalina. 3. Monitoria. 4. Ensino Superior. 5. Química. I. Barros, Ivoneide de Carvalho Lopes, orient. II. Título

RAYANE CRISTINE GOMES ACIOLE

Uso de modelos na abordagem de Geometria de Sólidos Cristalinos:
experiência vivenciada na Monitoria de Química Inorgânica L1

Aprovado em _____ / _____ / _____

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Ivoneide de Carvalho Lopes Barros-UFRPE
Orientadora

Profa. Dra. Verônica Tavares Santos Tabatinga-UFRPE
Primeira examinadora

Prof. Dr. José Euzebio Simões Neto- UFRPE
Segundo examinador

*“O Coelho Branco pôs os óculos. Por onde devo começar, Majestade? - pergunto
Começa pelo princípio - respondeu o Rei solenemente. E vai até ao fim.”*

Lewis Carroll, “Alice no país das maravilhas”.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais que amo imensamente, Robson Aciole e Carmen Verônica, por todos os conselhos, puxões de orelhas, abraços e por serem inspirações reais na vida. O amor, cuidado e apoio dados por vocês ao longo de cada um dos obstáculos que precisei passar me fez chegar até aqui, serei eternamente grata.

À minha irmã e também melhor amiga, Raíssa Aciole, que esteve sempre ao meu lado, me incentivando e torcendo por mim, conseguindo tornar as dificuldades menores diante das alegrias partilhadas com ela.

Aos meus avós maternos, Maria do Carmo e Orlando, e paternos, Maria Auxiliadora e Valdomiro, por serem meus maiores exemplos de força, determinação, humildade e coragem.

Às minhas tias, tios, primas e primos que sempre acreditaram em mim.

Às minhas amigas de infância, Minha, My e Nana que junto à minha irmã, despertaram em mim as asas da imaginação, criatividade e curiosidade, essenciais para uma boa professora e pesquisadora de Química. Agradeço também Tia Ira e Tio Biu que sempre cuidaram de mim como filha e vibraram a cada mínima conquista que alcancei.

Aos amigos que cultivei no Ensino Fundamental, Médio e na Universidade. Agradeço a cada um de vocês: Thaís, Vic, Tutu, Hisla, Ju e Gabi, por todos os momentos vividos. São muitas lembranças, muitos ensinamentos e tantas histórias que uma página não seria suficiente para descrever. Amo vocês demais!

A UFRPE, por toda experiência vivenciada no campus se tornando minha segunda casa e um dos lugares que guardarei eternamente na minha memória e no meu coração. Lá eu me virei do avesso, me refiz, fiz inúmeros amigos e encontrei meu amor.

Agradeço também a ele, meu companheiro de vida Gabriel, que me mostrou a potência de viver um relacionamento leve, tranquilo e fácil. Gratidão por todo cuidado, parceria, conselhos, risadas, choros, abraços, beijos partilhados e por ter mostrado que é possível viver um amor assim. Tem sido lindo demais crescer e te ver crescendo ao longo desses anos.

Agradeço também a Profa. Ivoneide Barros por toda orientação, paciência e ensinamentos durante minha trajetória de Iniciação Científica e Monitoria.

Por fim, agradeço a todos os professores que tive nessa caminhada, em especial: Edênia Amaral, Euzébio Simões, Giselly Nanes, Carlos Oliveira, Helaine Sivini, Suely Alves, Bogdan Doboszewski e Maria José. Sem vocês, nada disso seria possível.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo o estudo de estruturas de Sólidos Cristalinos utilizando modelos moleculares de baixo custo a partir de uma abordagem didática durante o exercício da monitoria acadêmica, visando melhorar a compreensão dos estudantes acerca dos conteúdos trabalhados na disciplina Química Inorgânica L1 do curso de Licenciatura em Química. Como instrumentos de coleta de dados, foram utilizados dois questionários relacionados a ligações químicas e estruturas dos sólidos, antes e após a realização da abordagem didática com os 19 estudantes do 4º período da UFRPE. Os resultados obtidos previamente indicaram que a compreensão dos estudantes sobre ligações químicas era parcialmente satisfatória, sendo que no tocante aos sólidos, 90% das respostas dos estudantes foram categorizadas como não satisfatórias. A partir da atividade de modelação das estruturas cristalinas usando bolas de isopor, das aulas expositivas dialogadas e da participação oral, os discentes conseguiram visualizar os modelos construídos como ferramenta de aprendizagem para os conceitos relacionados aos sólidos cristalinos, fornecendo respostas majoritariamente satisfatórias para esses conceitos no questionário final. Ao fim do processo, todos os estudantes avaliaram a metodologia como positiva. Assim, o presente estudo apontou que a utilização de modelos concretos parece ser uma estratégia eficaz para o ensino do conteúdo de estrutura de sólidos e indicou a necessidade de se reforçar o ensino e aprendizagem do conceito de Ligações Químicas para a melhor compreensão deste conteúdo.

Palavras-chave: Modelos. Estrutura Cristalina. Monitoria. Ensino Superior. Química.

ABSTRACT

The objective of this work is to study crystalline solid structures using low-cost molecular models from a sequential didactic intervention. This research was executed out during the academic monitoring period in order to improve the understanding of students about inorganic chemistry subject in the chemistry course. This work followed a pretest-posttest design on chemical bonds and solid structures, before and after the didactic intervention. The participants were 19 undergraduate students from a 4th period college chemistry course. The results obtained previously indicated that the students' understanding of chemical bonds was regular. Regarding questions about solid 90% of the students' answers were categorized as unsatisfactory. In the didactic intervention, the concrete models was built with Styrofoam balls and wooden sticks by the students. Then, non-tradicional classes and oral activities were applied. With the results of the post-test it was observed the students were able to use and visualize the built models as a tool to learn concepts of crystalline solids. At the end of the process, all students evaluated the methodology used as positive. Therefore, this study showed that the use of concrete models is an effective strategy for teaching solid structures. Finally, this research indicated that it is necessary to devote more time to teach the concept about chemical bonds within this theme and also others in Chemistry for a better understanding of this content.

Keywords: Models. Crystal Structure. Monitoring. University education. Chemistry.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS	10
1.1.1 Objetivo geral	10
1.1.2 Objetivos específicos	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA	11
2.1 ENSINO DE QUÍMICA.....	11
2.1.1 Estratégias de Ensino de Química	11
2.1.2 Conteúdo de sólidos nos currículos de Química Inorgânica do Ensino Superior ...	13
2.1.3 Monitoria no Ensino Superior	15
2.2 USO DE MODELOS NO ENSINO DE QUÍMICA	17
2.2.1 O conceito de modelos na Ciência	17
2.2.2 Teorias educacionais e o ensino por modelo	19
2.2.3. Pesquisas na área de ensino por modelos em Ciências/ Química	21
2.3 ESTRUTURA OU GEOMETRIA DE SÓLIDOS	26
2.3.1 Concepções das estruturas cristalinas	27
2.3.2 Concepções alternativas no ensino de sólidos	35
3 METODOLOGIA	38
3.1 DIAGNÓSTICO DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ESTUDANTES	38
3.2 ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DA INTERVENÇÃO DIDÁTICA UTILIZANDO MODELOS.....	39
3.2.1 Realização da aula expositiva dialogada	39
3.2.2 Construção dos modelos de estruturas cristalinas	40
3.2.3 Realização da atividade oral	41
3.2.4 Elaboração e aplicação do questionário final	41
3.3 ANÁLISE DA INTERVENÇÃO DIDÁTICA A PARTIR DOS DADOS COLETADOS	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
4.1 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO	45
4.2 REALIZAÇÃO DA AULA EXPOSITIVA DIALOGADA	55
4.3 CONSTRUÇÃO DOS MODELOS FÍSICOS 3D	56
4.4 REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE ORAL	63
4.5 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO REALIZADO APÓS A ATIVIDADE PRÁTICA	63
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
REFERÊNCIAS	76
APÊNDICE A	85
ANEXO A	92

1 INTRODUÇÃO

O processo de ensino e de aprendizagem de Química continua sendo, de maneira geral, pautado no ensino por transmissão e recepção de conteúdos. Isso faz com que as relações dos conhecimentos científicos com o cotidiano dos estudantes sejam deixadas de lado, o que torna a disciplina mais difícil e abstrata para eles (PUCHOLOBEK; POSSEBON, 2019).

A maneira com que alguns temas são discutidos em sala de aula como ligações químicas, estruturas moleculares e estereoquímica, por exemplo, reforça ainda mais esta ideia, por serem conceitos em que a compreensão se dá no espaço tridimensional (LIMA; LIMA-NETO, 1999). Com o ensino de estruturas sólidas não é diferente, já que um retículo cristalino pode ser imaginado como sendo um arranjo espacial em que as espécies químicas, íons, átomos e moléculas, se repetem periodicamente ao longo das três dimensões (MENDONÇA; JUSTI, 2009).

Além disso, vários trabalhos na literatura apontam para a necessidade da efetivação de práticas pedagógicas no Ensino Superior que visem um ensino de maior qualidade, indicando que as atividades colaborativas são as estratégias de maior potencial para modificar essa estrutura tão bem enraizada tradicionalmente nas salas de aulas caracterizadas pela transmissão-recepção de conhecimentos (CICUITO; MIRANDA; CHAGAS, 2019).

Levando em consideração que na área da Química essa abstratividade está sempre presente, fica ainda mais clara a necessidade de se refletir sobre formas de aproximar esses pensamentos abstratos aos conhecimentos concretos (PUCHOLOBEK e POSSEBON, 2019). Como a Química se trata de uma ciência em que os fenômenos e transformações da matéria são explicados a níveis atômicos e subatômicos, isso normalmente é feito a partir de modelos diversos (SETTI; GIBIN; FERREIRA, 2019).

Nesse sentido, o uso de modelos moleculares no ensino de Química surge como uma das estratégias que possibilitam o rompimento destas barreiras permitindo desenvolver uma aprendizagem que vai levar a construções de significados por parte dos estudantes à medida que os coloca como sujeitos ativos na elaboração de seus modelos e na compreensão do processo de modelagem em si, bem como de seu papel fundamental na construção do conhecimento científico (JUSTI, 2019). Apesar de não ter uma definição consensual na ciência, no geral um modelo é tido como uma representação parcial de uma entidade, sendo elaborado com um ou mais objetivos e que pode ser modificado (GILBERT; BOULTER; ELMER, 2000). Assim, os modelos são fruto da construção humana que facilitam a organização dos pensamentos, ideias e conhecimentos científicos.

Muitos professores não compreendem bem o significado de modelos, considerando-os como reproduções ou cópias de algo e, se tratando de um curso de Licenciatura em Química, é de extrema importância que esses futuros professores entendam o papel destes como estratégia de ensino, ou seja, como facilitadores da construção do conhecimento Químico. Além disso, devido o elevado custo, os kits de modelos moleculares disponíveis comercialmente não abrangem a realidade socioeconômica da maioria dos estudantes dos cursos de graduação em Química (bacharelado e licenciatura), sendo a elaboração com materiais mais acessíveis uma possibilidade para permitir esse acesso aos modelos moleculares nas disciplinas do curso superior, como a de Química Inorgânica.

Dessa forma, o presente trabalho busca responder ao seguinte problema de pesquisa: Em que medidas o uso de modelos moleculares com material de baixo custo facilitaria o processo de ensino e de aprendizagem de estruturas de sólidos cristalinos para estudantes de graduação em Licenciatura em Química?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar as contribuições do uso de modelos moleculares de baixo custo com relação à aprendizagem dos estudantes do curso de Licenciatura em Química acerca do conteúdo de estruturas cristalinas de sólidos na disciplina de Química Inorgânica L1.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar as concepções prévias dos estudantes sobre as estruturas de sólidos e conteúdos relacionados;
- Analisar a eficácia do uso de modelos para o processo de ensino e de aprendizagem das estruturas cristalinas de sólidos para os estudantes de Licenciatura em Química.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

Para o melhor entendimento da temática abordada é necessária a compreensão dos tópicos de Ensino de Química, Estruturas de Sólidos e do uso de Modelos no Ensino de Química. Por isso esses itens foram separados e detalhados nas seções a seguir.

2.1 ENSINO DE QUÍMICA

Um dos papéis principais da Universidade é buscar formas e recursos para garantir que o estudante esteja plenamente preparado para o exercício de sua profissão ao término de seu curso superior. Assim, o uso de práticas inovadoras e problematizadoras na academia permite que a formação acadêmica dos universitários se torne mais completa e sólida, além de desafiar o estudante ao colocá-lo fora de sua zona de conforto comum na transmissão-recepção de conteúdos presente no ambiente universitário (GOMES; MENDES; CALEFI, 2019).

Com relação a um curso que envolve a formação de pessoas capacitadas para o ensino de Química, Licenciatura em Química, o uso dessas práticas aliado a debates sobre o processo de ensino se tornam ainda mais necessários. Isto porque é preciso que haja harmonia entre as disciplinas específicas e as disciplinas de caráter pedagógico que envolve, respectivamente, a formação do Químico e do professor. Nesse sentido, o debate acerca do ensino deve ocorrer também nas disciplinas de Inorgânica, Físico-Química, etc., no sentido de permitir que o licenciando consiga transpor aquele conteúdo para sua realidade profissional (GOMES; MENDES; CALEFI, 2019).

2.1.1 Estratégias de Ensino de Química

A Química é definida como a ciência que estuda a matéria e suas transformações, sendo caracterizada pela observação de fenômenos físicos, químicos e biológicos (SCHWARZ, 2009). Contudo, apesar de muitos desses fenômenos serem observados no nível macroscópico e estarem presentes no nosso dia a dia, os conceitos que os explicam estão situados no nível submicroscópico, fazendo com que o entendimento desta área do saber esteja sempre rodeado de preconceitos e desconhecimentos pela população em geral e, por conseguinte, faz com que a Química seja considerada como complexa pelos estudantes que não conseguem estabelecer boas relações entre esses dois níveis (JUSTI, 2019; SCHWARZ, 2009).

Nesse sentido, diversos pesquisadores têm voltado à atenção para os meios e processos, enquanto docentes, para o ensino dos diversos conteúdos atrelados a essa Ciência. Um primeiro obstáculo diz respeito aos termos usados para se referir a esses processos em

sala de aula que são encontrados na literatura sem distinção, ou seja, muitas vezes os conceitos de estratégia, técnica e dinâmica são trazidos como sinônimos (ANASTASIOU; ALVES, 2004). Dessa forma, faz-se necessário inicialmente definir cada um desses termos.

Anastasiou e Alves (2004, p. 68) definiram os três termos citados. A definição de estratégia, do grego *strategía*, é trazida como: “[...] arte de aplicar ou explorar os meios e condições favoráveis disponíveis, com vista à consecução de objetivos específicos”. O conceito de técnica, originado da palavra grega *technikós* (referente à arte), é trazido como a arte inerente ao campo material ou ainda ao conjunto de processos de uma arte. Ou seja, as maneiras, jeitos e/ou habilidades que se diferenciam nesse processo de execução. Já o conceito de dinâmica, também de origem grega *dynamikós* (forte), é definido como a parte da mecânica que estuda os movimentos, ou ainda, referente ao movimento e às forças (ANASTASIOU; ALVES, 2004).

Nesse contexto, é possível observar que o termo que melhor se adequa ao processo de ensino e de aprendizagem é estratégia, por isso adotado no nosso trabalho, por se referir a essa procura pelo melhor caminho dentre as possibilidades que permitam a conquista dos objetivos de aprendizagem propostos, ou seja, o professor aqui é tido como um estrategista em sua prática tendo como principal meta a apropriação do conhecimento por parte dos e das estudantes (ANASTASIOU; ALVES, 2004).

Historicamente, a palavra estratégia teve seu conhecimento, estudo e aplicação atrelados ao campo militar (VILLAR; WALTER; BRAUM, 2017). No entanto, ao longo dos anos esse conceito foi sendo difundido para diversas áreas, como as políticas e empresariais, sendo bastante utilizado também nas pesquisas em torno dos processos de ensino e de aprendizagem.

Segundo Petrucci e Batiston (2006) a ligação da palavra estratégia ao ensino se dá no sentido de que esse processo exige do docente a arte de fazer com que seus estudantes se encantem com o saber, instigando sua curiosidade e criatividade para que a aprendizagem seja efetiva. Nesse sentido, é preciso que estas estratégias possibilitem a interação entre os estudantes e estudantes e o professor, criando situações comunicativas dentro da sala de aula (BARBOZA; HARACEMIV; TREVISAN, 2013).

Dessa forma, as metodologias tradicionais são deixadas de lado e dá-se lugar àquelas que inserem os estudantes não mais como coadjuvantes, mas sim como principais no processo de ensino e de aprendizagem (CAPELLATO; RIBEIRO; SACHS, 2019) e exigem do docente um amplo estudo, fugindo da concepção de que para ensinar é necessário apenas que o professor saiba um pouco do conteúdo específico e utilize algumas técnicas pedagógicas

(SCHNETZLER; ARAGÃO, 1995).

Para isso, diversas estratégias para o ensino de Química podem ser adotadas em sala como: experimentos demonstrativos, investigativos ou de verificação, trabalho com a Aprendizagem Baseada em Projetos, modelos didáticos, sala de aula invertida, softwares educacionais, jogos digitais voltados para a educação e jogos didáticos (VIEIRA; MELO; VIANA, 2018).

O nosso trabalho se ateu ao uso dos modelos didáticos moleculares e avaliação oral como estratégias para o ensino de sólidos, justamente por estas serem descritas como metodologias ativas ao colocarem o aluno como protagonista em seu processo de aprendizagem.

2.1.2 Conteúdo de sólidos nos currículos de Química Inorgânica do Ensino Superior

Nos últimos 25 anos a Química Inorgânica passou a incorporar em suas pesquisas os avanços no campo dos organometálicos e metal-orgânicos, catálise, química bioinorgânica, materiais e também, recentemente, da Química supramolecular, deixando para trás a ideia de que essa área comporta apenas a tradicional Química dos elementos (TOMA; FERREIRA; SERRA, 2002).

Essa mudança impactou também nas formulações dos currículos e diretrizes que fomentam os cursos de Química, que passaram a considerar essa evolução da Química Inorgânica em seus escritos. Nesse sentido, foi proposto pelo governo federal mudanças no ensino através dos documentos que fornecem orientações para que os professores e instituições de ensino se guiem ao longo desse processo, entre eles os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de 1997 e as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para as Licenciaturas, de 2001.

Segundo o Parecer CNE/CES nº 1.303 que contém as DCNs para esse curso a nível superior, quanto à compreensão da Química, os licenciados devem acompanhar e compreender os avanços científico-tecnológicos e educacionais. E com relação ao ensino, é necessário que o licenciado consiga avaliar e compreender criticamente os aspectos sociais, tecnológicos, ambientais, políticos e éticos que estão diretamente ligados às aplicações da Química na sociedade (BRASIL, 2001).

Além disso, é importante destacar que para a Licenciatura em Química, essa diretriz aponta que além, das habilidades e competências necessárias tidas como conteúdos profissionais e essenciais para todos os cursos, é necessário que os licenciados tenham ciência dos conteúdos da Educação Básica e do Ensino Médio, isto porque: “como produtora de saber

e formadora de intelectuais, docentes, técnicos e tecnólogos, a Universidade contribui para a construção contínua do mundo e sua configuração presente” (BRASIL, 2001, p. 1)

Assim, concordamos com Cortez e Del Pino (2018) ao afirmar que as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) influenciam diretamente na educação básica à medida que se trata de documentos referentes à estruturação das licenciaturas, campo de atuação dos nossos futuros professores do Ensino Fundamental e Médio, e por isso, é importante trazer também a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para a discussão do nosso trabalho.

A BNCC define o conjunto de aprendizagens essenciais para todos os estudantes da Educação Básica, assegurando seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento conforme propõe o Plano Nacional de Educação, PNE (BRASIL, 2018). Esse documento é referência para os sistemas de ensino da Educação Básica por auxiliar na construção ou mesmo revisão de seus currículos, conforme descrito no artigo 1º da Resolução CNE/CP Nº 2, de 22 de dezembro de 2017, que institui a Base Nacional Comum Curricular:

A BNCC deve fundamentar a concepção, formulação, implementação, avaliação e revisão dos currículos, e consequentemente das propostas pedagógicas das instituições escolares, contribuindo, desse modo, para a articulação e coordenação de políticas e ações educacionais desenvolvidas em âmbito federal, estadual, distrital e municipal, especialmente em relação à formação de professores, à avaliação da aprendizagem, à definição de recursos didáticos e aos critérios definidores de infraestrutura adequada para o pleno desenvolvimento da oferta de educação de qualidade (BRASIL, Ministério da Educação, 2017, p.6).

Na primeira competência da BNCC uma ênfase é dada ao uso dos diferentes materiais e tecnologias para o Ensino de Química no Ensino Médio, conforme descrito:

Nessa competência específica, os fenômenos naturais e os processos tecnológicos são analisados sob a perspectiva das relações entre matéria e energia, possibilitando, por exemplo, a avaliação de potencialidades, limites e riscos do uso de diferentes materiais e/ou tecnologias para tomar decisões responsáveis e consistentes diante dos diversos desafios contemporâneos (BRASIL, 2018, p. 540).

Além disso, é possível evidenciar a preocupação dos Parâmetros Curriculares Nacionais em articular o mundo micro e macro no processo de ensino, já que para compreensão dessas transformações é preciso utilizar modelos explicativos a nível atômico (BRASIL, 1999), indicando que o ensino desta ciência deve ser feito em consonância com seu desenvolvimento histórico e “[...] deve ser apresentada sobre o tripé: transformações químicas, materiais e suas propriedades e modelos explicativos”(BRASIL, 2002, p. 87).

Com relação ao Ensino Superior, a DNC destaca ser essencial para os profissionais de Química que o quadro curricular tenha Química teórica e laboratorial. Dentre os vários conteúdos destaca-se para este trabalho: estrutura atômica, ligações químicas e sólidos (parâmetros reticulares, estrutura cristalina).

Observando a ementa da primeira disciplina de Química Inorgânica de várias Universidades brasileiras, que deveria normalmente englobar esses conteúdos, nota-se, na maioria das vezes, uma lacuna na abordagem do desenvolvimento de materiais, e mais especificamente dos sólidos cristalinos. Por exemplo, é possível comparar as matrizes curriculares de duas instituições de Ensino Superior UFCG e UFRPE, em que a primeira foi escolhida dada a disponibilidade da ementa e a segunda por ter sido o local em que nosso estudo foi realizado. Nota-se que o foco desta disciplina na UFCG é dado à velha química descritiva de elementos: Propriedades físicas e químicas; Métodos de obtenção e aplicação dos principais elementos dos blocos *s*, *p* e *d* da tabela periódica; Os elementos químicos e o meio ambiente. Na UFRPE, no entanto, é possível notar a ênfase, na disciplina, destes conceitos: Estrutura atômica; Sólidos iônicos, reticulados, moleculares e metálicos; Estrutura molecular e ligação; Química descritiva dos elementos e seus compostos.

Dessa forma, fica clara a necessidade de se consolidar cada vez mais o ensino de sólidos dentro das universidades, para que assim seja possível alcançar também os estudantes da Educação Básica e Média, incluindo este conteúdo extremamente relevante - tecnológica, social e economicamente - nos seus currículos.

2.1.3 Monitoria no Ensino Superior

A atividade de monitoria tem se destacado nas Instituições de Educação Superior (IES) por iniciar o aluno-monitor na docência de nível superior e contribuir com a melhoria do ensino de graduação (NUNES, 2007). No entanto, essa prática não é recente visto que a concepção de que o ensino não é tarefa única e exclusiva do professor data de muitos anos atrás, acompanhando a história da educação humana em contextos sistemáticos e assistemáticos (FRISON; MORAES, 2010).

O surgimento da Monitoria se deu na Idade Média, quando os professores escolhiam um dado assunto para ser defendido por seus alunos em público, que argumentavam acerca dele (FRISON, 2016). Esses alunos eram conhecidos como “repetidores” por reproduzir as atividades desenvolvidas pelos seus mestres (ULLMANN; BOHNEN, 1994, p. 43).

Essa prática recebeu muita influência dos jesuítas ao longo dos anos, que devido à didática bastante exigente, passaram a recrutar os melhores alunos, chamados “decuriões”, para auxiliá-los, lhes atribuindo à função de se responsabilizarem por outros colegas, de quem tomavam as lições de cor, recolhiam os exercícios e marcavam erros e faltas diversas (MIRANDA, 2009).

Há que se destacar também, que no final do século XVIII um novo método de ensino,

preconizado por Andrew Bell e Joseph Lancaster, surgiu na Inglaterra e alcançou vários lugares no mundo, inclusive a América Latina. Conhecido como “Ensino Mútuo ou Monitorial”, esse método envolvia a divisão da classe em “decuriões” e discípulos, e foi sistematizado visando suprir a falta de professores (BATISTA; FRISON, 2009, *apud*. FRISON, 2016).

No entanto, foi somente em 1827 que essa forma de ensino se instituiu de fato no Brasil, a partir da Carta de Lei que tornou obrigatória a criação de escolas de Ensino Mútuo de primeiras letras nos lugares mais populosos. Com essa adoção, a responsabilidade do processo de ensinar é dividida entre professor e monitor no intuito de democratizar os agentes de ensino, diferindo justamente dos métodos individual e simultâneo em que essa função é restrita ao professor (BASTOS, 2012).

A partir daí a ideia de monitoria começa a ganhar forma e é regulamentada no Ensino Superior do Brasil em 1968, a partir da criação da Lei nº 5.540 de 1968, revogada pela Lei 9394 de 1996, cujo artigo 84 destaca: “Os discentes da educação superior poderão ser aproveitados em tarefas de ensino e pesquisa pelas respectivas instituições, exercendo funções de monitoria, de acordo com seu rendimento e seu plano de estudos” (BRASIL, 1996).

Nesse sentido, a monitoria no Ensino Superior assume o papel de estratégia de apoio ao ensino, em que o monitor atua como mediador da aprendizagem dos colegas, auxiliando o professor da disciplina de maneira mais autônoma (FRISON, 2016). Isso porque a atividade de monitoria funciona como um elo das relações professor- estudante e estudante-estudante, atribuindo ao monitor à função de colaborador na aprendizagem, considerando que as orientações e as condições do ambiente sejam construtivas e adequadas (NATARIO, 2001).

O monitor permeia essas relações por ser um aluno e, assim sendo, participa de sua cultura, o que permite aproximar os estudantes do processo de formação, tendendo para um ensino que favorece a aprendizagem colaborativa e leva ao crescimento de ambos, alunos e monitor (NUNES, 2007).

Face ao exposto, é possível consagrar a monitoria como uma atividade formativa de ensino que almeja, dentre os vários objetivos, contribuir no desenvolvimento do caráter pedagógico, auxiliar no processo de produção e apreensão do conhecimento dentro das academias e permitir ao monitor um contato inicial com o processo de orientação comum as etapas de ensino e de aprendizagem (SCHNEIDER, 2006).

2.2 USO DE MODELOS NO ENSINO DE QUÍMICA

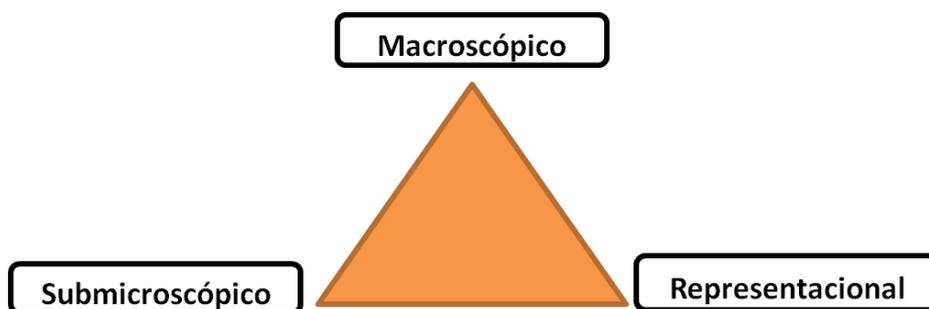
A natureza do conhecimento científico é multimodal, ou seja, o processo de ensino deste conhecimento usa de vários meios de representação além da linguagem verbal como os gráficos, diagramas, figuras, símbolos, equações, modelos, entre outros (QUADROS; SILVA; MORTIMER, 2018).

Desse modo, os professores de Química atuam no sentido de apresentar aos estudantes que nessa Ciência os conceitos e leis envolvidos são reflexos do comportamento da natureza. (SILVA; DE SOUZA; DE CARVALHO FILHO, 2017). No que se refere à visualização, esses profissionais utilizam de materiais manipulativos, como modelos, que servem de representação para gerar imagens mentais que conduzem os estudantes a um processo de raciocínio visual, facilitando o processo de ensino e de aprendizagem (ROGENSKI; PEDROSO, 2008).

2.2.1 O conceito de modelos na Ciência

Conforme Jonhstone (2000) a formação da maior parte dos conceitos químicos envolve a operação e inter-relação de três níveis de pensamento: o macroscópico de caráter tangível, o submicroscópico, que considera o aspecto atômico e o representacional, que engloba o nível simbólico e matemático do conteúdo. Esses níveis estariam dispostos como vértices em um triângulo de forma que nenhum se sobreponha ao outro, mas que os três se complementem conforme Figura 1.

Figura 1: Interações entre os três níveis do conhecimento químico propostos no triângulo de Johnstone.



Fonte: Adaptado de Jonhstone (2000).

Dessa forma, o processo de ensino de Química se torna mais significativo quando os professores buscam relacionar os níveis dispostos no triângulo de Johnstone por meio do uso de estratégias e ferramentas didáticas diferentes (DE CAMARGO *et al.*, 2018), sendo uma

destas o ensino por modelos.

Modelos são construções humanas usadas rotineiramente na produção de conhecimento a partir de representações parciais (JUSTI, 2019), ou seja, os modelos não são a realidade, nem mesmo a cópia delas e possuem limitações, podendo ser considerados como ferramentas importantes para produção de conhecimento (JUSTI, 2019).

Chassot (2003) afirma ser essencial a discussão de modelos em todo e qualquer nível escolar e destaca que, dentre outros pontos, é necessário que professores e alunos entendam que os modelos procuram aproximar as fórmulas e leis propostas na ciência com a realidade.

O uso de modelos é capaz de estreitar as relações de ensino e de aprendizagem simplificando conceitos considerados como abstratos e complexos. Sendo assim, os modelos podem ser considerados como recursos didáticos que atendem ao objetivo de equilibrar os distintos níveis comuns à Química, discutidos por Johnstone, aproximando o conhecimento dos conteúdos aos estudantes.

Nesse sentido, Carlisle, Tyson e Nieswandt (2015) propõem justamente que uma das principais funções dos modelos está diretamente ligada ao desenvolvimento de habilidades que auxiliam na visualização dos fenômenos observáveis, aqueles que ocorrem no nível macroscópico, e não observáveis, cuja explicação se dá no nível submicroscópico. Ou seja, a compreensão dos estudos acerca das espécies químicas está intimamente ligada à formulação de modelos, visto que o não uso deles reduz esta ciência a simples descrição de propriedades da matéria e suas mudanças (FERNÁNDEZ; MARCONDES, 2006).

Dessa forma, a utilização de modelos permite melhorar a chamada competência representacional em química dos estudantes, conforme avaliado por Stieff *et al.* (2016, p.345, tradução do autor) em seus estudos utilizando modelos na Química Orgânica. Esse autor define competência representacional como: “um conjunto discreto de habilidades para construir, selecionar, interpretar e usar representações disciplinares para comunicar, aprender ou solucionar problemas”.

Os modelos podem, contudo, ser categorizados de acordo com os modos de representação, definido como o meio pela qual um dado modelo é expresso, podendo ser do tipo: concreto, verbal, matemático, visual e gestual. Além disso, pode haver a combinação de mais de um modo de representação sendo tidos como modelos mistos (JUSTI, 2019).

No nosso trabalho foi utilizado o modelo concreto, um dos modelos de ensino mais comuns, conhecido também como modelo bola/vareta que, de acordo com Stieff *et al.* (2016), desenvolvem habilidades únicas na competência representacional dos estudantes por permitirem explicitar a relações espaciais tridimensionais das estruturas e praticar

mentalmente a simulação de suas transformações espaciais. Isto porque esse modelo permite correlacionar os fenômenos em nível macro e microscópicos, como destaca De Farias *et al.* (2015, p. 852):

Assim, a aprendizagem de Química requer habilidades visuoespaciais que dão suporte para a realização de determinadas operações cognitivas espaciais, através das quais, nos tornamos aptos a construir modelos mentais das estruturas moleculares, manipulá-los e expressá-los.

Por fim, vale ressaltar aos discentes o caráter representacional dos modelos, isto porque todos eles apresentavam vantagens e desvantagens a depender do contexto de ensino (JUSTI, 2019). No caso dos modelos concretos, por exemplo, características particulares como a geometria molecular são enfatizadas e outras não, como a configuração de elétrons (STIEFF *et al.*, 2016). Portanto, trabalhar com modelos é uma parte intrínseca do conhecimento químico e, sem o uso deles, a Química fica reduzida simplesmente a descrição de propriedades macroscópicas e suas mudanças.

2.2.2 Teorias educacionais e o ensino por modelo

Há diversas abordagens pedagógicas presentes nos cursos de graduação chamados de modelos pedagógicos. Segundo Behar (2009), esses modelos pedagógicos podem ser definidos como “um sistema de premissas teóricas que representa, explica e orienta a forma como se aborda o currículo e que se concretiza nas práticas pedagógicas e nas interações professor-aluno-objeto de conhecimento”.

Peres *et al.* (2014), traz em, em seus estudos, dois sistemas distintos para discussão acerca dos fundamentos do processo de ensino e de aprendizagem: o Triângulo Pedagógico de Nóvoa (2000) e a Arquitetura Pedagógica de Behar (2009). Ambos o fazem por meio das interações entre os participantes do processo educativo, no entanto os autores destacam que:

O Triângulo pedagógico considera que seus vértices seriam o professor, o estudante e o objeto do conhecimento ou “saber”. Um determinado enfoque teórico seria marcado pelo papel do protagonista de um dos vértices na relação entre eles. Nesse caso, os enfoques foram agrupados de forma sintetizada, em três grandes modelos pedagógicos que se distinguem por estarem centrados no professor, no estudante ou no saber. No caso da Arquitetura Pedagógica, ao invés do saber como um dos vértices encontra-se o meio pelo qual o aprendizado ocorre (PERES *et al.*, p. 250, 2014).

Diante disso, é possível destacar que ambas as abordagens estão relacionadas, dado que o meio não está removido do saber. Brousseau (1986) propôs a chamada Teoria das Situações Didáticas no intuito de compreender essas relações pedagógicas entre professor, estudante e os saberes envolvidos no processo de ensino e de aprendizagem (BARBOSA, 2016). No nosso trabalho a atividade de monitoria fez parte do núcleo docente e o saber era

relativo aos sólidos cristalinos.

Souza, Simões Neto e Lima (2019) destacam que, apesar dessa tríade ser comumente trazida na forma de um triângulo equilátero, essa representação não se trata de uma estrutura de nível, e assim, professor, estudante e saber podem ocupar qualquer um dos vértices. Além disso, esses autores reforçam que essa representação estática indica apenas o caráter triangular presente na interação dinâmica entre esses sujeitos. Nessa interação as regras e as obrigações de cada parte envolvida são negociadas na abordagem do saber a ser construído a partir da atividade didática realizada, sendo essa ideia conhecida como Contrato Didático.

A maioria dos estudos disponíveis na literatura aborda esse conceito no âmbito do ensino de matemática, já que foi neste ensino que Brousseau inicialmente propôs toda a sua teoria. No entanto, o estabelecimento desse tipo de contrato é comum ao processo de ensino e de aprendizagem de várias outras ciências, como a Química, por exemplo. De acordo com Souza, Simões Neto e Lima (2019, p.34):

Grande parte das pesquisas relativas ao Ensino de Química se interessa pela investigação do professor com o aluno na sala de aula e/ou propõe materiais didáticos ou estratégias visando à melhoria dos processos de ensino e de aprendizagem. No entanto, o ensino de química não é facilmente alcançado pelos alunos; esse cenário direciona o professor de química na busca de propostas que tratem o ensino de maneira construtivista, possibilitando ao aluno a sua formação como cidadão crítico, ao utilizar os seus conhecimentos escolares em outros contextos, para a resolução de problemas práticos.

Nessa perspectiva, enfatizamos a necessidade de um ensino centrado na interação, principalmente quando se trata de ensino por modelos, estratégia adotada no nosso trabalho, visto que é necessário que todos participem ativamente na construção desse processo para que ele ocorra efetivamente. Sendo assim, todos os aspectos são fundamentais, sem sobreposição de um sobre os outros.

De acordo com Silva *et al.* (2019), a construção de modelos é uma das atividades que permite relacionar teoria e prática, sendo assim, é uma importante estratégia didática por proporcionar “o crescimento intelectual e a fixação do conteúdo por meio do conhecimento adquirido, e é notório que os alunos participantes desenvolvem suas habilidades, e demonstram uma melhor sintonia entre todos através do trabalho em equipe”.

Chassot (2003) também discute que são essenciais os papéis dos estudantes, professores e pesquisadores no processo de construção dos modelos e defende ser imprescindível a interação entre o sujeito e o que está sendo modelado, pois assim diferentes modelos podem ser elaborados, já que as vivências entre as pessoas e objeto ou situação a serem modelos são também diferentes.

Dessa forma, é necessário que o docente mantenha uma relação dialética com os

estudantes, valorizando os trabalhos em grupo e os processos interacionais (PERES *et al.*, 2014) mas que também leve em consideração a singularidade do desenvolvimento de cada indivíduo (VYGOTSKY, 1998).

Para isso o teórico educacional Vygosty (1987) traz, como um dos principais conceitos a ser discutido, a chamada Zona de Desenvolvimento Iminente (ZDI) que se refere ao fato de que a colaboração auxilia na resolução de tarefas, por permitir que o indivíduo realize-as mais facilmente quando há algum tipo de auxílio ou direcionamento ao longo desse processo, do que quando não há (VYGOTSKY, 1987). A ZDI atua como uma ferramenta importante por permitir avaliar o estado de aprendizagem dos estudantes, identificando mais facilmente quais conceitos ainda estão em formação, quais já foram desenvolvidos e os que ainda estão para se desenvolver (VYGOTSKY, 1998).

É importante destacar que o termo iminente diz respeito a um desenvolvimento em potencial, ou seja, se trata de uma possibilidade, já que esse desenvolvimento não é equivalente à aprendizagem e não segue o programa escolar. Segundo Messeder Neto e De Moradillo (2018, p. 670):

O professor ou o pesquisador precisa comemorar cada aquisição de conceitos na escola, mas precisa entender que tal aquisição, mesmo aquela que aparece na avaliação, pode não indicar o desenvolvimento efetivo das funções psíquicas. Esses conhecimentos podem cair mais facilmente no esquecimento, mesmo que o estudante tenha demonstrado certo domínio inicial. Alertamos, portanto, que o professor precisa de uma vigilância contínua para não tomar como desenvolvimento aquilo que foi um passo em sua direção.

Dessa forma, é a partir das sucessivas aproximações do conteúdo científico que a aprendizagem ocorrerá de fato, dado que um novo elemento vai ser incorporado a cada nova aproximação, feita no intuito de permitir o contínuo desenvolvimento do estudante (MESSEDER NETO; DE MORADILLO, 2018).

2.2.3. Pesquisas na área de ensino por modelos em Ciências/ Química

Atualmente as pesquisas em Ensino de Química têm se debruçado sobre os estudos de diversas estratégias de ensino-aprendizagem visando romper as barreiras impostas pelas tradicionais maneiras de ensino que priorizam o método conteudista, em que as relações dos conhecimentos científicos com o cotidiano dos estudantes são deixadas de lado, o que leva os estudantes a considerarem a química uma ciência complexa e abstrata (PUCHOLOBEK e POSSEBON, 2019).

Nesse sentido, com o intuito de avaliar como ensino por modelos vêm sendo discutido na literatura, foram levantados artigos referentes a essa temática cujos periódicos foram

destacados no Quadro 1. A seleção dos periódicos deu-se de maneira aleatória com base nas revistas de artigos previamente selecionados pelos autores.

Quadro 1: Revistas analisadas no levantamento bibliográfico.

Codínome	Periódicos
R1	Teaching Science
R2	Journal of Educational Psychology
R3	Journal of Research in Science Teaching
R4	Science Education
R5	Learning and Instruction
R6	Investigações em Ensino de Ciências
R7	ACTIO: Docência em Ciências
R8	Revista Thema
R9	Revista Educação Especial

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

A importância dos modelos na construção do conhecimento científico e, por conseguinte, como estratégias de Ensino de Química, é amplamente reportada nas literaturas nacional e internacional, como pode ser visto do Quadro 2 que apresenta o levantamento bibliográfico acerca desse tema dos anos de 2015 a 2019, dos periódicos destacados no Quadro 1. O critério para a seleção desse intervalo de tempo deu-se com base no ano de realização dessa intervenção (2019) a fim de avaliar aproximações e/ou distanciamentos das pesquisas dos últimos 5 anos com o objeto de estudo deste trabalho, priorizando os artigos mais recentes.

Quadro 2: Artigos encontrados a partir do levantamento bibliográfico.

Periódico	Artigo	Autor/autores	Ano
R1	<i>S1- Exploring students' visual conception of matter: Towards developing a teaching framework using models</i>	Espinosa, Marasigan e Datukan	2016
R2	<i>S2-Models as Feedback: Developing Representational Competence in Chemistry</i>	Padalkar e Hegarty	2015
R3	<i>S3- Mapping undergraduate chemistry students' epistemic ideas about models and modeling.</i>	Lazenby <i>et al.</i>	2019

R4	S4- <i>Improving Representational Competence with Concrete Models</i>	Stieff <i>et al.</i>	2016
R5	S5- <i>Learning by enacting: The role of embodiment in chemistry education</i>	Stull, Gainer e Hegarty	2017
R6	S6- <i>Contribuições de uma sequência didática com modelos táteis para as representações mentais de alunos universitários sobre proteínas</i>	Da Silva e Bossolan	2019
R7	S7- <i>Problematizando o ensino de modelos atômicos: estudo das representações e o uso de um jogo didático</i>	Camargo, Asquel e Oliveira	2018
R6	S8- <i>Modelagem analógica no Ensino de Ciências</i>	Mozzer e Justi	2018
R8	S9- <i>A utilização de materiais alternativos no Ensino de Química no conteúdo de Geometria Molecular</i>	Martins, De Freitas e De Vasconcelos	2018
R9	S10- <i>A química orgânica acessibilizada por meio de kits de modelo molecular adaptados</i>	Razuck e Oliveira Neto	2015

Esse levantamento foi realizado em 9 periódicos, classificados de R1 a R9, com base nos 10 artigos publicados selecionados. O software de busca utilizado foi o Portal Periódicos da Capes e as palavras-chaves utilizadas foram: Ensino por modelos (*Teaching using models*); Modelos químicos no processo de aprendizagem (*chemistry models for learning*).

O Quadro 3 elenca as demais especificações dos artigos selecionados a partir deste levantamento bibliográfico e mostra as articulações utilizadas em cada um deles para o desenvolvimento do processo de ensino utilizando modelos. Neste quadro, são destacadas também o tipo de pesquisa, instrumento de coleta, conteúdos e os objetivos das pesquisas.

Quadro 3: Descrição dos principais aspectos dos artigos analisados.

Artigo	Tipologia	Instrumento de coleta de dados	Conteúdo, área ou tema	Sujeitos	Articulação	Objetivo de pesquisa
S1	Empírico	Questionário e entrevistas	Matéria: Estados e classificação	Estudantes de graduação de Ciências Físicas	Pesquisa exploratória acerca de um estudo de caso	Avaliar as concepções visuais dos alunos sobre os estados e classificações da matéria utilizando modelos científicos e as implicações desta avaliação no ensino da natureza das partículas da matéria
S2	Empírico	Pré-testes e pós-testes	Química orgânica: representações diagramáticas de estruturas 3D das moléculas	Estudantes de graduação matriculados em Química Orgânica	Intervenção experimental utilizando modelos	Relatar e comparar intervenções instrucionais que visam melhorar a competência representacional dos alunos e meta-representacional na química orgânica. Foram utilizados grupos teste e controle para comparar a aprendizagem dos conteúdos
S3	Empírico	Entrevistas	Modelos e modelagem	Estudantes iniciais de graduação de Química	Abordagem de mapeamento de construção	Avaliar o conhecimento epistêmico dos alunos sobre modelos e modelagem usando mapas de construção
S4	Empírico	Teste de tradução representacional, exames e questionário de pesquisa	Química Orgânica: representações diagramáticas moleculares	Estudantes de graduação matriculados em Química Orgânica	Intervenção experimental utilizando modelos	Relatar uma intervenção em sala de aula que emprega modelos concretos para melhorar a competência representacional e o desempenho em química orgânica.
S5	Empírico	Pré-testes e pós-testes, questionário e escritos produzidos	Química Orgânica: representações moleculares e conceituais	Estudantes de graduação matriculados em Química Orgânica	Intervenção experimental utilizando modelos	Investigar o valor da atuação ao aprender química usando modelos moleculares 3D em vídeo e aulas em sala de aula.
S6	Empírico	Pré-testes e pós-testes, escritos	Ensino de ciências: representações de	Estudantes de graduação	Sequência de didática	Investigar as representações mentais a respeito de proteínas, dentre treze alunos universitários de dois

		produzidos, audiovisuais e os modelos táteis de estruturas proteicas montados.	biomoléculas	matriculados em dois cursos de ciências da Natureza		cursos da área de Ciências da Natureza, e a contribuição de uma sequência didática para a formação ou reelaboração destas representações.
S7	Empírico	Pré-testes e pós testes	Ensino de modelos atômicos: representações	Estudantes do 1º ano do Ensino Médio	Sequência didática utilizando Modelos e Jogos didáticos	Refletir acerca dos resultados obtidos pela aplicação de uma sequência de aulas que preconizaram o uso de recursos didáticos, tais como modelos, analogias e um jogo didático para o ensino de modelos atômicos, em especial a reflexão será direcionada para o potencial desses recursos para auxiliar na aprendizagem dos estudantes e para avaliar seu processo de aprendizado.
S8	Empírico	Escritos e materiais produzidos	Ensino de ciências: uso de modelos e analogias	Estudantes do 1º ano do Ensino Médio	Sequência didática	Investigar: (i) as etapas que podem ser usadas para guiar a proposição e o desenvolvimento de atividades de modelagem analógica no ensino de ciências; e (ii) como atividades de modelagem analógica propostas com base naquelas etapas podem ter contribuído para que os estudantes de ciências vivenciassem os subprocessos do raciocínio analógico
S9	Empírico	Questionários	Ensino de química: geometria molecular	Estudantes de curso técnico	Pesquisa-ação	Investigar quais metodologias seriam mais eficientes na aprendizagem do conteúdo de Geometria Molecular; Investigar a utilização de materiais alternativos de baixo custo no ensino de Geometria Molecular
S10	Empírico	Entrevistas	Ensino de Química orgânica: adaptando modelos moleculares	Estudantes do 3º ano do Ensino Médio	Intervenção didática usando modelos moleculares adaptados	Acessibilizar conteúdos de química ao deficiente visual e também auxiliar, sob a perspectiva cognitiva, o desenvolvimento da abstração e o processo de aprendizagem do aluno dito normal.

Com base nos artigos pesquisados e destacados no Quadro 3, foram observadas diversas características relacionadas à abordagem de ensino utilizando modelos, na atualidade, que podem ser agrupadas de acordo com suas semelhanças e distinções.

Os artigos S2, S4 e S5 se assemelham por descrever em seus estudos, uma intervenção experimental utilizando modelos visando facilitar o ensino de representações em Química Orgânica. Além deles, o artigo S10 também traz como objeto de estudo o Ensino de Química Orgânica, no entanto, se diferencia dos demais por ter o objetivo de tornar acessível o conteúdo de Química, principalmente no quesito representacional, para estudantes portadores de deficiência visuais e desenvolver um processo de aprendizagem conjunto para todos. Assim, no total, quatro artigos destacam a temática da representação na Química Orgânica.

Com relação aos demais, dois abordam a questão da modelagem (S3 e S8), um diz respeito ao estudo de representações em Bioquímica (S6) e os outros três são de Química Geral (S1, S7 e S9), sendo o S1 sobre os estados e classificação da matéria, o S7 sobre o uso de representações no ensino de modelos atômicos e o S9 acerca da geometria molecular. Além disso, é válido salientar que os sujeitos das pesquisas são em sua maioria estudantes de nível superior (S1, S2, S3, S4, S5 e S6), e depois de nível médio (S7, S8 e S10), tendo apenas um artigo em que os sujeitos envolvidos são de nível técnico (S9).

Diante disso é possível observar o que vem sendo pesquisado nos últimos anos em Ensino de Química com relação às representações e, por conseguinte, a lacuna na investigação dessa temática na área de Química Inorgânica. O artigo S9 é o que mais se aproxima de nosso objeto de estudo, por abordar a questão das representações utilizando materiais alternativos para construção de modelos moleculares como forma de aproximar os educandos do conteúdo de Geometria molecular visando à promoção de uma aprendizagem que seja mais significativa para os estudantes.

2.3 ESTRUTURA OU GEOMETRIA DE SÓLIDOS

Os sólidos estão no estado da matéria em que as espécies químicas, sejam elas átomos, moléculas ou íons, são mantidas juntas por diferentes tipos de ligações. O estudo das propriedades dos átomos impacta diretamente na compreensão da natureza da estrutura dos sólidos (ATKINS; JONES, 2012).

As estruturas sólidas podem se apresentar sob dois estados fundamentais de ordenação sendo classificadas como: cristalina e amorfa. As do tipo cristalina são aquelas em que os átomos, íons ou moléculas se encontram em um arranjo regular e periódico (PRADO, 2015) enquanto que as do tipo amorfa, ao contrário, são aquelas em que esse arranjo encontra-

se de maneira desordenada e não se repete a longas distâncias atômicas (CALLISTER, 2016).

“A estrutura de um sólido amorfo é muito semelhante à de um líquido congelado no tempo”, isto porque, diferentemente dos sólidos cristalinos, que possuem superfícies planas formadas a partir do ordenamento em camadas de átomos, nos sólidos amorfos, não temos faces bem-definidas, a menos que tenham sido moldados ou cortados (ATKINS; JONES, 2012, p. 182).

2.3.1 Conceções das estruturas cristalinas

Os cristais desempenham um papel importante em muitas áreas, dentre elas: Mineralogia, Física, Química, Metalurgia, Ciência dos Materiais, Geologia, Geofísica, Biologia e Medicina. De acordo com Borchardt-Ott (2011, p. 18, tradução nossa):

Metais e ligas, cerâmicas e materiais de construção são todos feitos de cristais. A parte inorgânica dos dentes e ossos é cristalina. O endurecimento das artérias e a artrite em humanos e animais podem ser atribuídos à formação de cristais. Mesmo muitos vírus são cristalinos. Essa enumeração poderia continuar indefinidamente, mas já é óbvio que praticamente qualquer material que pode ser considerado sólido é cristalino.

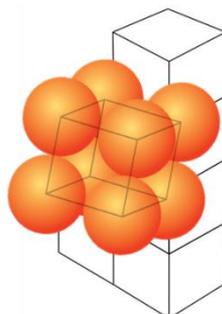
Assim, a cristalografia se consagra como um estudo que unifica todas as ciências já que praticamente todos os produtos químicos inorgânicos sólidos são cristalinos, e muitos dos compostos orgânicos sólidos também, entre eles benzeno, naftaleno, polissacarídeos, proteínas, vitaminas, borracha e náilon (BORCHARDT-OTT, 2011).

Segundo Teixeira (2000, p. 23, grifo nosso):

Um cristal é um corpo sólido, homogêneo, que em condições ideais de crescimento, apresenta uma **forma geométrica bem definida**, delimitada por faces planas e arestas, refletindo uma ordenação reticular interna. Esta **provém da repetição de um motivo - a célula unitária - num espaço tridimensional**.

A existência da estrutura cristalina resulta da sua divisão e repetição em parcelas menores que são chamadas de celas ou células unitárias, conforme Figura 2.

Figura 2: Representação de uma célula unitária cúbica



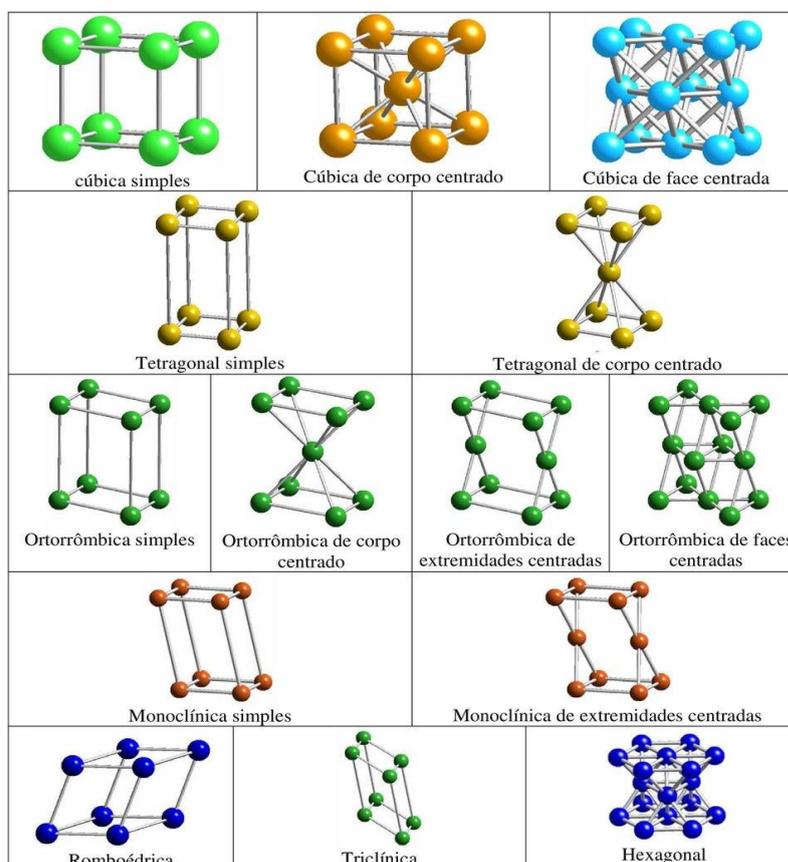
Fonte: Adaptado de Ávila (2019) e Atkins e Jones (2012).

A partir delas é possível deduzir a composição e a organização dos átomos dentro do cristal, de maneira que, ao serem replicadas, todo o sólido original é recomposto (KOSEVICH, 2006). Sendo assim, as células unitárias representam a simetria das estruturas cristalinas, sendo o bloco construtivo, ou seja, a unidade estrutural básica, conforme representado na Figura 2 (CALLISTER, 2016).

De acordo com o arranjo dos átomos no cristal, há sete tipos diferentes possíveis de célula unitária: cúbica, tetragonal, ortorrômbica, monoclínica, romboédrica, tricínica e hexagonal, se diferenciando de acordo com a relação entre seus parâmetros de rede, grandezas utilizadas para descrever a célula unitária, que dizem respeito aos eixos e ângulos envolvidos na estrutura cristalina, os quais compreendem os comprimentos a , b e c , e os três ângulos α , β , γ (CALLISTER, 2016).

A partir das células unitárias, é possível descrever 14 sistemas cristalinos, representados na Figura 3, que são conhecidos como Redes de Bravais, em homenagem a Auguste Bravais que em 1848 demonstrou que na natureza somente essas redes são encontradas (BORCHARDT-OTT, 2011; CALLISTER, 2016).

Figura 3: Sistemas cristalinos resultantes dos desdobramentos das sete células unitárias



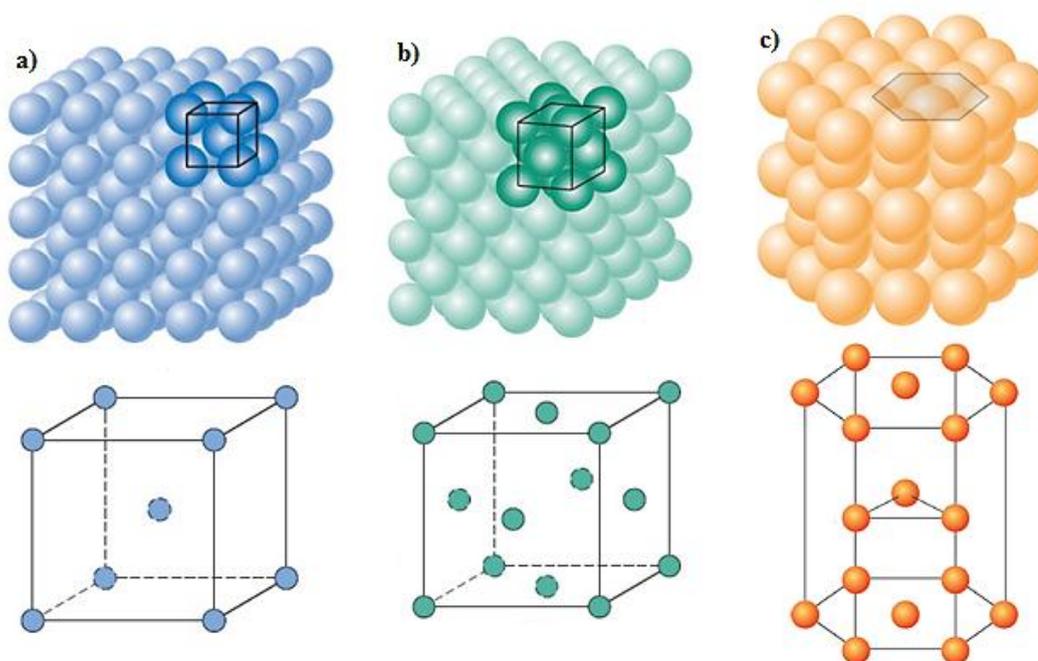
Fonte: Da Silva (2016).

Segundo Rezende (2004), o arranjo que minimiza a energia eletrostática total desse sistema é resultado direto do ordenamento regular dos átomos ou íons. Isso explica o fato de quando um material é fundido e depois resfriado lentamente, os átomos ou íons desse material procuram as posições de menor energia e tendem a formar cristais.

Há uma variedade de estruturas cristalinas devido à existência das várias substâncias e a vasta possibilidade de arranjo atômico, caracterizadas por certa periodicidade. Mas vale destacar que boa parte dos elementos químicos constituintes da tabela periódica são metais e apresentam, em sua maioria, estruturas cristalinas simples (WASEDA; MATSUBARA; SHINODA, 2011). Conforme destacam Waseda, Matsubara e Shinoda (2011, p. 24, tradução do autor) “70% deles têm estrutura cristalina relativamente simples com alta simetria, como a cúbica de corpo centrado (CCC), cúbica de face centrada (CFC) e hexagonal compactada (HC)”.

Um destaque deve ser dado às essas estruturas de empacotamento compacto, também conhecido como empacotamento denso que explicam as estruturas e propriedades dos metais e foi a partir deles que essas estruturas foram ensinadas aos estudantes, conforme Figura 4.

Figura 4: Representações esquemáticas das estruturas cristalinas do tipo a) cúbica de corpo centrado (CCC), b) cúbica de face centrada (CFC) e c) hexagonal compacta (HC).



Fonte: Adaptado de Ávila (2019) e Moffat, Pearsall e Wulff (1964).

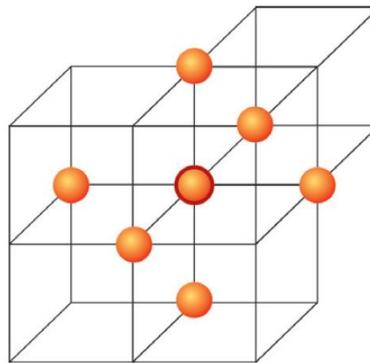
Assim, para a descrição das estruturas cristalinas os átomos ou íons são considerados como esferas sólidas com diâmetros bem definidos. Esse modelo é conhecido como modelo

da esfera rígida atômica (CALLISTER, 2016).

Além dos parâmetros de rede, três outros conceitos são muito importantes para a caracterização desses retículos cristalinos, que variam de acordo com a geometria e disposição dos átomos: Número de coordenação (NC), Número de átomos por célula unitária (N_a) e Fator de Empacotamento Atômico (FEA).

O número de coordenação de um átomo é um número associado à quantidade de vizinhos que estão em contato com ele dentro da estrutura cristalina. Para encontrar o valor correto, é necessário considerar os átomos das células vizinhas, ou seja, lembrar que essa célula é amplamente repetida nas três dimensões (ÁVILA, 2019). A figura 5 mostra um átomo, destacado em vermelho, em contato por seis outros átomos. Logo, o seu número de coordenação é igual a 6.

Figura 5: Representação do número de coordenação de um sistema cúbico simples



Fonte: Ávila (2019).

O número de átomos de uma célula unitária está intimamente ligado ao conceito anterior. Como o átomo dentro da estrutura cristalina está compartilhado com as células unitárias adjacentes, somente uma parte desse átomo será atribuída a uma célula específica. Por exemplo, no caso das células unitárias do tipo cúbica, um átomo localizado no centro pertence aquela célula específica. Um átomo que está localizado na face, no entanto, está compartilhado com outra célula e um átomo que está no vértice do cubo é compartilhado com por oito outras células (CALLISTER, 2016). Assim, o número de átomos por célula unitária (N_a) pode ser calculado a partir da seguinte Equação 1:

$$N_a = N_i + \frac{N_f}{2} + \frac{N_v}{8} \quad (1)$$

Em que:

N_i = Número de átomos no interior da célula

N_f = Número de átomos nas faces da célula

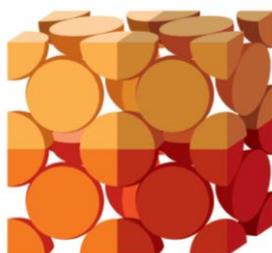
N_v = Número de átomos nos vértices da célula

Assim, na estrutura cúbica de face centrada (CFC) um total de quatro átomos pode ser atribuído à célula unitária, já que existem oito átomos nos vértices, seis na face e nenhum no centro do cubo:

$$N_a = 0 + \frac{6}{2} + \frac{8}{8} = 4 \text{ átomos}$$

Esse número de átomos pode ser observado também a partir da Figura 6, em que o átomo de cada vértice é compartilhado com oito células unitárias vizinhas e assim somente 1/8 faz parte de uma única célula unitária dessa estrutura. Já o átomo de cada face é dividido com duas outras células e, portanto, cada célula unitária do tipo CFC apresenta um total de 4 átomos (ÁVILA, 2019)

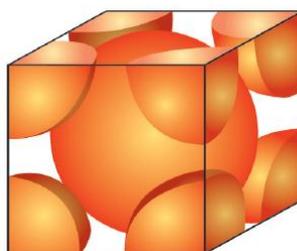
Figura 6: Representação da contribuição dos átomos entre as células CFC.



Fonte: Ávila (2019).

Do mesmo modo é possível identificar o número de átomos para o empacotamento do tipo cúbico de corpo centrado (CCC) considerando a geometria da estrutura, Figura 7.

Figura 7: Representação da contribuição dos átomos entre as células CCC.



Fonte: Ávila (2019).

Um átomo inteiro, localizado no centro, contribui para célula cúbica e o átomo do vértice de cada um dos vértices é dividido com outras oito células unitárias, o que totaliza 2 átomos por célula unitária do tipo CCC (ÁVILA, 2019):

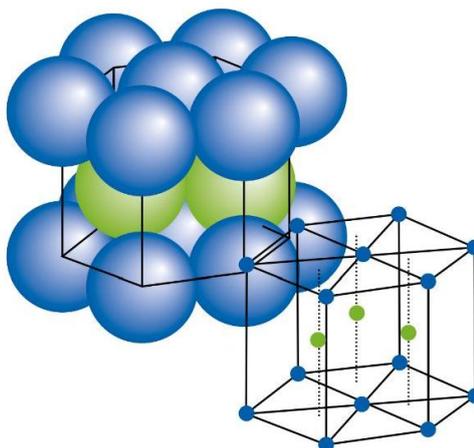
$$N_a = 1 + \frac{8}{8} = 2 \text{ átomos}$$

Para a estrutura hexagonal compacta (HC), no entanto, o cálculo do número de átomos por célula unitária a equação 1 é modificada (CALLISTER, 2016), conforme a Equação 2:

$$N_a = N_i + \frac{N_f}{2} + \frac{N_v}{6} \quad (2)$$

Isto porque agora um sexto de cada vértice está inserido na célula unitária e não mais um oitavo como na cúbica, uma vez que a estrutura hexagonal compacta possui seis átomos nos vértices de cada uma das duas faces, superior e inferior, um átomo no centro de cada uma das faces superior e inferior e três outros átomos no corpo da estrutura (CALLISTER, 2016), conforme Figura 8.

Figura 8: Representação da contribuição dos átomos entre as células HC.



Fonte: Atkins e Jones (2012)

Assim, um total de 6 átomos são atribuídos a célula unitária do tipo HC:

$$N_a = 3 + \frac{2}{2} + \frac{12}{6} = 6 \text{ átomos}$$

O terceiro parâmetro que permite caracterizar as estruturas cristalinas é conhecido como Fator de Empacotamento Atômico (FEA). Esse parâmetro mede o quanto da célula unitária encontra-se ocupada pelas espécies químicas e o quanto é formada por espaço vazio. Assim, o cálculo do FEA relaciona o volume atômico- que vai ser considerado como o volume da esfera de raio R já que se utiliza o modelo das esferas rígidas para o estudo dos sólidos- e volume da célula unitária- que varia de acordo com o tipo de célula (ÁVILA, 2019). A fórmula para determinação desse fator pode ser expressa, de maneira geral, a partir da Equação 3:

$$\text{FEA} = \frac{V_a}{V_c} \quad (3)$$

Em que:

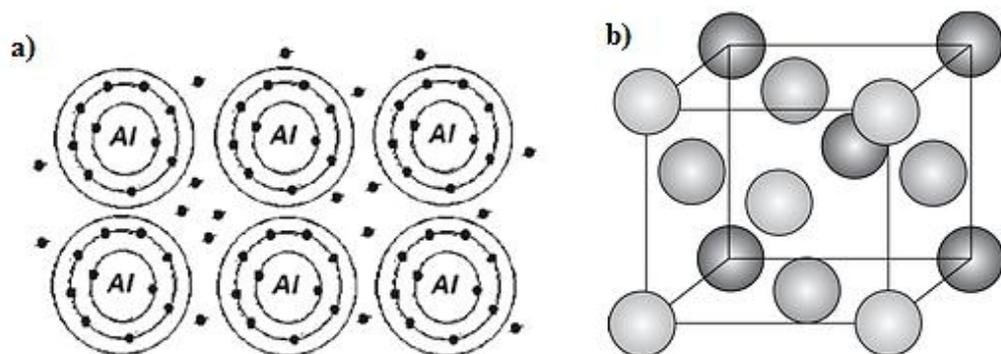
V_a = Volume atômico = número de átomos da célula unitária (n) x volume da esfera $\left(\frac{4 R^3}{3}\right)$

V_c = Volume da célula unitária (varia de acordo com a geometria da estrutura)

De acordo com os modelos de ligações químicas, os cristais podem ser classificados, em três categorias: metálico, iônico e covalente (WASEDA; MATSUBARA; SHINODA, 2011). Atkins e Jones (2012) ampliam essa classificação trazendo também os sólidos reticulares ao longo de suas discussões.

Nas estruturas metálicas, considera-se que uma grande quantidade de elétrons é livre para se movimentar dentro do sistema, não pertencendo a átomos específicos, mas sim compartilhados por todos eles. Esses elétrons são conhecidos como elétrons de condução ou de valência e dão origem a estruturas mais simples (WASEDA; MATSUBARA; SHINODA, 2011), conforme Figura 9. Assim, é possível modelar os metais formados por elementos a partir de esferas de mesmo raio.

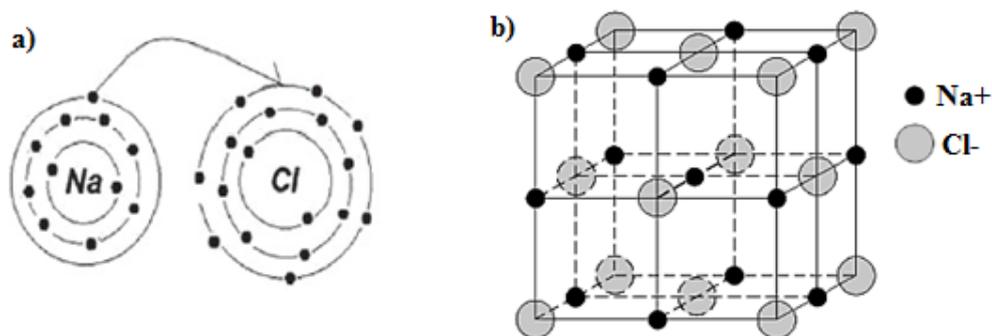
Figura 9: Representação da a) ligação metálica e b) estrutura cristalina do tipo CFC, do alumínio.



Fonte: Adaptado de Ávila (2019)

As estruturas iônicas, por sua vez, são formadas a partir da interação eletrostática mútua de íons positivos, cátions, e negativos, ânions (ATKINS; JONES, 2012), conforme Figura 10.

Figura 10: Representação da a) ligação iônica e b) estrutura cristalina do tipo CFC, do NaCl.

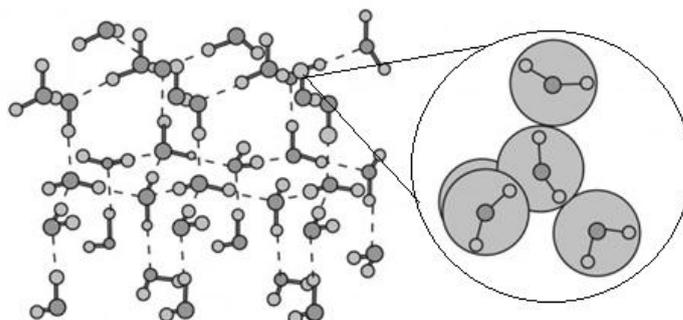


Fonte: Adaptado de Ávila (2019)

Portanto, para modelar sólidos iônicos, é necessário empacotar esferas de raios diferentes e cargas opostas. Nesses cristais as configurações em que há menor repulsão eletrostática entre os íons e maior atração são os preferidos. Além disso, muitas vezes “os ânions de grande tamanho são densamente arranjados de modo a evitar seu contato direto, e os cátions de pequeno tamanho ocupam as posições equivalentes ao espaço vazio produzido pelos ânions” (WASEDA; MATSUBARA; SHINODA, 2011, p. 25, tradução nossa).

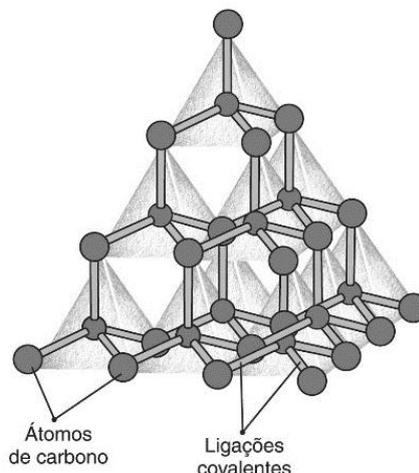
Já os sólidos moleculares se caracterizam por formarem conjuntos discretos de moléculas que se mantêm unidas por meio das forças intermoleculares, Figura 11, se diferenciando dos reticulares pelo fato de esses últimos serem formados por átomos ligados uns aos outros por ligações covalentes, Figura 12 (ATKINS; JONES, 2012).

Figura 11: Representação da estrutura tridimensional do gelo, sólido molecular, em que as moléculas de água estão unidas através de ligações de hidrogênio.



Fonte: Adaptado de Torelly (2011).

Figura 12: Representação da estrutura cristalina do diamante, sólido em que os átomos de carbono estão unidos entre si por ligação covalente híbrida sp^3 .



Fonte: CEDERJ (2011).

Diante do exposto, fica claro que a aprendizagem do conteúdo de estruturas dos sólidos cristalinos está intimamente atrelada ao conteúdo de ligação química, isto porque conforme dito por Quadros *et al.* (2017) “[...] o entendimento sobre a constituição dos materiais inclui saber como os átomos se ligam/se ligaram para formar moléculas e substâncias e, por consequência, os materiais”.

2.3.2 Concepções alternativas no ensino de sólidos

Os conceitos referentes às ligações químicas, interações moleculares e estados da matéria são muito importantes no estudo da Química (FERREIRA; SOARES JR., 2019). Boa parte das dificuldades dos estudantes no estudo de sólidos se deve justamente a falha na aprendizagem destes conteúdos, especialmente de ligações químicas, que é também pré-requisito para o entendimento de muitos outros dentro da Química como, por exemplo, equilíbrio químico, termodinâmica química, estrutura molecular, reações químicas, entre outros, dada a natureza estruturante do conceito de ligação nessa Ciência (ÖZMEN, 2004).

Mesmo se tratando de um assunto recorrente durante toda a educação básica e que se estende ao longo da graduação, muitos estudantes universitários continuam apresentando concepções alternativas sobre este conteúdo (DOS SANTOS, F.; DOS SANTOS, J. R., 2017). De acordo com Teixeira (2000), muitos discentes do curso de Química, nas fases finais de formação, não conseguem distinguir os sólidos quanto ao tipo de ligação química, e nem fazer previsão de suas propriedades, ainda que demonstrem conhecimento de todos os tipos de ligação.

Grande parte dessas concepções informais acerca de ligações está atrelada ao caráter abstrato deste conteúdo que não é vivenciado no cotidiano dos estudantes, visto que as explicações se dão no nível microscópico (FERNÁNDEZ; MARCONDES, 2006). Nesse sentido, a aprendizagem do conteúdo perde o significado para os estudantes que, conseqüentemente, apresentam dificuldades em explicar as diferentes propriedades dos materiais (MENDONÇA; JUSTI, 2005), apresentando concepções alternativas nessa temática, que diferente do que se pensa não estão restritas ao Ensino Médio e Superior, estando presentes em todos os níveis de ensino, desde o fundamental até a pós-graduação (FERNANDES; CAMPOS, 2012b).

Ballester Pérez *et al.* (2017) destacam três pontos a serem percebidos ao longo do processo de ensino, de maneira a evitar a manutenção das concepções alternativas atreladas ao conceito de ligações no nível superior. Em primeiro lugar, saber que boa parte destes equívocos estão relacionados à confusão quanto aos três níveis de explicação do conceito: macroscópico, microscópico e simbólico. Muitos estudantes atribuem propriedades e características macroscópicas da matéria às propriedades das espécies químicas envolvidas, sejam elas átomos, íons ou moléculas. Cabe ao professor enfatizar como esses três níveis se relacionam e transitam de um nível para o outro (BALLESTER PÉREZ *et al.*, 2017).

O segundo ponto trazido pelos autores diz respeito à linguagem química. É preciso que os docentes utilizem uma linguagem clara e precisa quanto à definição dos conceitos de elemento, substância e compostos, que são discutidos, muitas vezes, nos anos iniciais do Ensino Médio, mas não são reforçados na graduação (BALLESTER PÉREZ *et al.*, 2017). Isto acaba fazendo com que, caso haja a ocorrência das concepções informais, estas se perpetuem na instituição e se estendam até as escolas por se tratar um curso de Licenciatura em Química.

Em terceiro lugar, é necessário que os estudantes entendam e conheçam a natureza das forças interatômicas e intermoleculares, bem como que eles sejam capazes de diferenciá-las, além de classificar corretamente as substâncias de acordo com os tipos de ligação envolvidas. Os autores destacam ainda que, neste ponto, os professores devem estar atentos a algumas considerações, como por exemplo, trazer o modelo de redes cristalinas para a discussão do conceito de ligações e seus tipos, estabelecendo sempre as relações entre as ligações e essas redes de maneira a permitir que os alunos visualizem substâncias reais (BALLESTER PÉREZ *et al.*, 2017).

Mendonça e Justi (2009) também apontam para a necessidade de uma abordagem mais ampla deste conteúdo nas universidades, que tem sido muitas vezes negligenciada, destacando

que os docentes discutam, em especial, acerca:

(i) dos modelos científicos para os tipos de ligação química em uma abordagem que seja proveitosa para os futuros professores de química do ensino médio, por exemplo, trabalhando de forma interdisciplinar com as disciplinas específicas de formação dos saberes pedagógicos; e (ii) da natureza do conhecimento científico, enfatizando modelos como um de seus principais produtos e modelagem como essencial no processo de construção do conhecimento científico (MENDONÇA; JUSTI, 2009, p. 292).

Outra dificuldade recorrente no ensino de sólidos é em relação à geometria. A grande maioria dos estudantes não consegue entender essas estruturas e a interpretação arresgada junto à impossibilidade de visualização, são os principais causadores de problemas na aprendizagem deste conceito (ARAÚJO *et al.*, 2013; GONÇALVES *et al.*, 2013). Isto por que um dos pontos principais para o conhecimento dos materiais sólidos é o estudo da estreita correlação entre a estrutura interna e as propriedades características destes materiais (DOS SANTOS, 2017).

É justamente devido ao estudo superficial da Química do estado sólido que essa correlação passa despercebida, gerando insatisfação aos estudantes de nível superior ao se depararem com a importância desse estado no que se refere a desenvolvimento de materiais (FERREIRA; SOARES JR., 2019).

Nesse sentido, as representações visuais são relevantes à medida que permitem tornar visíveis os fenômenos que dificilmente seriam captados a olho nu (COOK, 2006). Alguns estudos evidenciam a importância dessas representações para o entendimento dos sólidos, como o de Gonçalves *et al.* (2013), Araújo *et al.* (2013) e mais recentemente Viana, Nedochetko e Nedochetko (2018), que destacam ainda a contribuição da construção de modelos no processo de ensino e de aprendizagem.

Para Gilbert, Justi e Queiroz (2010), a visualização é fundamental para o ensino de Química por se tratar da representação interna a partir da representação externa, deixando intacta as relações espaço-temporais que são características da representação externa. Assim, a utilização de materiais concretos, manipuláveis, é uma alternativa eficaz para reduzir essas dificuldades encontradas pelos estudantes nesse contato geométrico das estruturas sólidas (LOYDE *et al.*, 2009).

3 METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado no ano de 2019 com dezenove (19) estudantes matriculados na disciplina Química Inorgânica L1, entre os turnos tarde (Turma 1) e noite (Turma 2), do quarto período do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) na cidade de Recife-PE. Este estudo apresenta natureza qualitativa, descrita e interpretativa constituindo-se na forma de um relato de experiência acerca da temática: a compreensão de estruturas cristalina de sólidos a partir de uma intervenção didática envolvendo a construção de modelos 3D com o uso de esferas de isopor. De maneira geral, na abordagem qualitativa os estudos são baseados na literatura pertinente ao tema a partir da observação da realidade e aplicação de questionários e/ou entrevistas e análise dos dados obtidos (OLIVEIRA, 2005). Assim, esta abordagem tem caráter descritivo sendo caracterizada por interpretar os fenômenos, atribuindo significados aos mesmos (PRADONOV; FREITAS, 2013).

Quanto aos procedimentos metodológicos adotados, esta pesquisa foi organizada em três etapas: i) Diagnóstico das concepções prévias dos estudantes, ii) Elaboração e aplicação de uma intervenção didática utilizando modelos com os estudantes de ensino superior e iii) Análise da intervenção didática a partir dos dados coletados.

3.1 DIAGNÓSTICO DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ESTUDANTES

Toda sequência de atividades foi pensada e planejada segundo os dados levantados na literatura nacional e internacional acerca dos modelos que, em sua maioria, utiliza questionários como instrumento de coleta de dados (ESPINOSA; MARASIGAN; DATUKAN, 2016; PADALKAR; HEGARTY, 2015; STIEFF *et al.*, 2016; STULL; GAINER; HEGARTY, 2017; DA SILVA; BOSSOLAN, 2019; DE CAMARGO; ASQUEL; OLIVEIRA, 2018; MARTINS; DE FREITAS; DE VASCONCELOS, 2019).

No primeiro momento foi realizada a avaliação das concepções prévias dos estudantes a partir do uso de um questionário diagnóstico, também chamado de pré-testes (PADALKAR; HEGARTY, 2015; STULL; GAINER ; HEGARTY, 2017; DA SILVA; BOSSOLAN, 2019; DE CAMARGO; ASQUEL; OLIVEIRA, 2018) contendo seis questões gerais relacionadas ao conteúdo de estruturas cristalinas dos sólidos, conforme mostrado no Quadro 1, escritas com base nas considerações dos seguintes autores: Shriver e Atkins (2003), Teixeira (2000), Neiva *et al.*(2003), Neiva e Melo (2017).

A aplicação do questionário ocorreu em sala de aula, sendo aplicado pelas duas

monitoras da disciplina e um estudante de estágio de docência, sob a orientação da professora da disciplina, que detalhou as questões aos estudantes, conforme o Quadro 4. O tempo estipulado para responder foi de 40-50 min.

Quadro 4: Questões referentes ao questionário diagnóstico aplicado em sala.

Questão	Enunciado
1	A partir de ligações atômicas, os átomos podem formar compostos com propriedades bem distintas das propriedades de seus constituintes individuais. Nessa perspectiva você saberia explicitar de que maneira os átomos se combinam para formar moléculas, e por que os átomos formam ligações?
2	Você já deve ter ouvido falar que o diamante, o grafite e o “futeboleno” (C ₆₀) são alótropos do carbono. O que diferencia uma estrutura da outra?
3	Seguindo uma classificação mais rígida dos estados da matéria os verdadeiros sólidos são cristalinos. O que você pensa a respeito dessa afirmação?
4	Você sabe as principais propriedades dos materiais metálicos? Comente.
5	Com relação aos cristais, você diria que a afirmação abaixo é verdadeira ou falsa? Explique. <i>“Os cristais são formados apenas por ligações iônicas, como no caso do NaCl, ou por ligações metálicas, como Fe.”</i>
6	Você consegue citar a importância das estruturas cristalinas no âmbito social, econômico e ambiental?

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

3.2 ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DA INTERVENÇÃO DIDÁTICA UTILIZANDO MODELOS

Esta intervenção didática foi planejada em quatro momentos didático-pedagógicos distintos: ii) Realização da aula expositiva dialogada, ii) Construção de modelos e estruturas cristalinas sob acompanhamento da monitoria, iii) Realização da atividade oral, iv) Elaboração e aplicação do questionário final.

3.2.1 Realização da aula expositiva dialogada

Neste momento foi realizada a aula expositiva dialogada intitulada “Estrutura Cristalina” conduzida pelo estudante de estágio à docência sob acompanhamento da professora da disciplina (ANEXO A). Foi utilizado o PowerPoint para elaboração do material e projetor de multimídia para projeção deste em sala de aula. Também foi disponibilizado um link (<http://www.quimica3d.com/en/access.php>) referente a uma simulação computacional das estruturas 3D, a fim de que os estudantes pudessem acompanhar a construção das estruturas e tirasse suas dúvidas.

3.2.2 Construção dos modelos de estruturas cristalinas

Na proposta para a confecção das estruturas cristalinas, terceiro momento, foi instituído que estas fossem construídas conforme descrito na Ficha de orientação “O agrupamento de átomos ou íons nos cristais” (Apêndice A), adaptado de F. Albert Cotton e Lawrence D. Lynch (1968). Essa ficha continha sete páginas e foi dividida em quatro tópicos sendo eles: introdução, requisitos da atividade, atividade experimental e questões posteriores.

Uma breve explanação sobre o tema foi dada na introdução, tendo como tópico seguinte, requisitos da atividade, no qual foram descritas as orientações a serem adotadas pelos estudantes para compor toda a atividade proposta. No terceiro, e mais importante tópico, atividade experimental, foi descrito o passo a passo da montagem e os materiais necessários para cada um dos agrupamentos mais comuns de sólidos cristalinos: cúbico de corpo centrado (CCC), cubico de face centrada (CFC) e hexagonal compacto (HC). Contudo, vale destacar que essa descrição se deu, trazendo à tona exemplos e questionamentos ao longo de toda a Ficha de orientação, visando encorajar os estudantes a uma participação ativa ao longo de toda a atividade e, assim, desenvolver uma aprendizagem com mais significado para os estudantes. Dessa forma, as relações para o estudante entre o que está sendo aprendido e o que já é sabido tornam-se melhor consolidadas, o que permite que esse conhecimento possa ser transposto para situações distintas de seu cotidiano e encoraja a participação desses estudantes, trabalhando de maneira colaborativa para o desenvolvimento de suas aprendizagens (FERREIRA; JUSTI, 2008).

E por último, no tópico quatro, foram trazidas mais quinze questões, agora na forma de exercícios, para consolidar a aprendizagem desenvolvida. Coube a cada estudante, como descrito no item dois da Ficha, a entrega de um trabalho escrito contendo uma introdução teórica, assim como as respostas às questões ali colocadas, a serem consideradas como parte avaliativa da atividade.

Dessa maneira, para a construção das estruturas pelos estudantes, foi estipulado um total de três semanas, dando a oportunidade de solucionarem as recorrentes dúvidas acerca dos conceitos referentes às estruturas cristalinas como: célula unitária, número de coordenação e interstícios, por exemplo. Esse processo ocorreu em encontros semanais com as monitoras das disciplinas, que tiveram o cuidado de buscar relacionar os conceitos envolvidos acerca dos sólidos com os materiais (bola de isopor, palitos de churrasco e tintas) trazidos pelos estudantes para a construção passo-a-passo das estruturas e, paralelamente, a resolução dos questionamentos propostos para esta atividade.

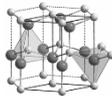
3.2.3 Realização da atividade oral

Para a atividade de participação oral levou-se em consideração a entrega das respostas das questões da Ficha de Orientação, além das respectivas representações das estruturas de sólidos orientadas na ficha. Para esta etapa foi priorizada a verificação da aprendizagem dos estudantes sobre o conteúdo de sólidos com ênfase nas suas estruturas modeladas, sendo estimulada a habilidade de cada estudante ao longo de todo o processo, visando averiguar a presença de possíveis dúvidas e erros quanto ao estudo dos sólidos. A ação se desenrolou com a apresentação das estruturas e, do mesmo modo, a montagem de algumas delas, quando solicitado pela professora, sempre associado de discussões/reflexões sobre os conceitos relacionados às representações dos cristais.

3.2.4 Elaboração e aplicação do questionário final

Por fim, foi elaborado e aplicado um questionário contendo cinco questões discursivas relacionadas aos sólidos, conforme descrito no Quadro 5, sendo que a segunda questão trata-se de uma adaptação de uma questão do Concurso Público – Grupo Magistério de edital N°. 36/2011-REITORIA/IFRN, e as demais tem autoria própria.

Quadro 5: Questões referentes ao questionário final aplicado em sala.

Questões	Enunciado
1	O que você entende por sólidos?
2	O cobre é o vigésimo quinto elemento mais abundante na crosta terrestre. As características inerentes a esse elemento fazem com que este seja bastante utilizado no setor industrial, principalmente na indústria elétrica, devido sua elevada condutividade. Sabendo que as propriedades desse elemento estão diretamente associadas ao tipo de ligação química, bem como a sua estrutura cristalina, que tem um empacotamento igual ao do NaCl, descreva outras propriedades, além da condutividade já descrita, relacionando-as com a ligação envolvida e desenhe a célula unitária deste destacando o seu número de coordenação, bem como o número de átomos envolvidos no reticulado.
3	Ao longo de nossas atividades diversos sólidos foram estudados, entre eles um peculiar em que os cátions de Zn^{2+} , representados pelas bolinhas menores, encaixam-se nos vãos formados pelos ânions S^{2-} originando uma estrutura cristalina conhecida como Wurtzita, conforme mostra a figura abaixo:  Fonte: Wikipédia, 2019

	A partir da figura e de todo conteúdo abordado nas aulas, descreva o sólido da Wurtzita, destacando o tipo de empacotamento (NC, N° de átomos envolvidos) desta bem como o tipo ligação química envolvida na estrutura deste composto.
4	<p>As imagens abaixo mostram dois compostos distintos de um mesmo elemento químico, o Carbono. A primeira figura é referente à estrutura do diamante e a segunda ao carbono ativado.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Fonte: Vermeeren <i>et al.</i>, 2009.</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Fonte: Glogauer, 2004.</p> </div> </div> <p>Conforme visto em sala, os sólidos são subdivididos em dois grandes grupos: cristalinos e amorfos. A partir disso, classifique ambas as estruturas e defina cada uma dessas classificações.</p>
5	<p>As diferentes propriedades dos materiais são de interesse tecnológico, tendo grande importância no âmbito social e econômico. A partir do que foi visto, reflita acerca dessa afirmação, explicitando, por exemplo, o porquê de as estruturas cristalinas serem amplamente utilizadas na engenharia civil. O que esses materiais possuem que os levam a esse lugar de tanto interesse?</p> <p style="text-align: center;">Fonte: Elaborado pelos autores (2019).</p>

3.3 ANÁLISE DA INTERVENÇÃO DIDÁTICA A PARTIR DOS DADOS COLETADOS

A análise das respostas obtidas no questionário diagnóstico foi considerada a partir de parâmetros pré-determinados, sendo divididos em três níveis de classificação: satisfatória (1), parcialmente satisfatória (2) e não satisfatória (3). No Quadro 6 são mostradas essas classificações para cada uma das questões contidas no questionário diagnóstico, mostradas no Quadro 4.

Quadro 6: Categorias criadas para análise das respostas das questões do questionário diagnóstico.

Questão	Categorias		
	Respostas satisfatórias	Respostas parcialmente satisfatórias	Respostas insatisfatórias
1	Quando a definição de ligações químicas estiver associada aos conceitos de estabilidade, energia, camada de valência.	Quando a definição de ligações químicas utilizar apenas um ou dois destes conceitos.	Quando não soube ou não conseguir definir ligações químicas associando aos conceitos de estabilidade, energia e camada de valência.
2	Quando diferenciar as estruturas cristalinas a partir do tipo de ligação envolvida em cada uma individualmente, bem como da	Quando diferenciar alguma das três estruturas a partir do tipo de ligação envolvida, citando ou não a	Quando não utilizar o conceito de ligação química para diferenciar as três estruturas.

	interferência desta ligação nas propriedades físicas da mesma.	interferência da ligação nas suas propriedades físicas.	
3	Quando Diferenciar os sólidos amorfos dos cristalinos explicitando bem suas características.	Quando Diferenciar parcialmente os sólidos amorfos dos cristalinos não explicitando bem suas características.	Quando não souber ou não conseguir diferenciar os sólidos amorfos dos cristalinos.
4	Quando descrever as principais características dos materiais metálicos: brilho, maleabilidade, condutividade e associar tais características com a presença de bandas de energia em sua estrutura.	Quando descrever as principais características dos materiais metálicos, mas não as associar à presença das bandas de energia em sua estrutura.	Quando não souber ou não conseguir descrever as principais características dos materiais metálicos.
5	Quando aceitar a afirmativa como falsa e se utilizar do conceito de ligações químicas para explicá-la considerando a existência de cristais com outros tipos de ligações químicas.	Quando aceitar a afirmativa como falsa, mas não souber explicar utilizando o conceito de ligações químicas.	Quando aceitar a afirmativa como verdadeira, desconsiderando a existência de cristais com outros tipos de ligações químicas.
6	Quando descrever que as diferenças na estrutura cristalina de um mesmo composto são essenciais para o desenvolvimento de uma série de materiais, citando algumas de suas aplicações.	Quando descrever parcialmente que as diferenças na estrutura cristalina de um mesmo composto são essenciais para o desenvolvimento de uma série de materiais, citando pelo menos duas aplicações.	Quando não souber ou não conseguir descrever que as diferenças na estrutura cristalina de um mesmo composto são essenciais para o desenvolvimento de uma série de materiais.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Do mesmo modo, as respostas obtidas no questionário final foram analisadas a partir dos três níveis de classificação considerados no questionário diagnóstico: satisfatória (1), parcialmente satisfatória (2) e não satisfatória (3). No Quadro 7 são mostradas essas classificações para cada uma das questões contidas no questionário final, mostradas no Quadro 5.

Quadro 7: Categorias criadas para análise das respostas das questões do questionário final

Questão	Categorias		
	Respostas satisfatórias	Respostas parcialmente satisfatórias	Respostas insatisfatórias
1	Quando definir sólidos como estruturas rígidas que podem possuir ou não ordenação e periodicidade sendo classificados como cristalinos ou amorfos, respectivamente.	Quando definir sólidos como estruturas rígidas levando em consideração apenas um dos tipos gerais de sólidos: ou os cristalinos ou os amorfos.	Quando não souber ou não conseguir definir o conceito de sólidos
2	Quando descrever as principais características do cobre metálico: ductilidade, maleabilidade e condutividade térmica, além da elétrica já citada, relacionando-as com a ligação metálica. Além disso, quando desenhar a estrutura CFC desse elemento, indicando o $NC=12$ e $N_a= 4$ átomos.	Quando descrever parcialmente as características do cobre relacionando-as ou não a ligação metálica envolvida na estrutura desse elemento. Além disso, quando desenhar a estrutura CFC desse elemento, indicando o $NC=12$ e $N_a= 4$ átomos.	Quando não souber ou não conseguir descrever as características do cobre e relacioná-las com a ligação metálica envolvida na estrutura desse elemento. Também quando não desenhar a estrutura do mesmo, nem destacaram o seu NC e N_a .
3	Quando descrever o sólido da Wurtzita destacando o $NC=12$, e o $N_a= 6$ átomos, bem como o tipo de ligação (iônica) e interstício ocupado (tetraédrico).	Quando descreverem parcialmente o sólido da Wurtzita destacando esquecendo/faltando algum dos itens pedidos.	Quando não souber ou não conseguir diferenciar os sólidos amorfos dos cristalinos.
4	Quando descrever as principais características dos materiais metálicos: brilho, maleabilidade, condutividade e associar tais características com a presença de bandas de energia em sua estrutura.	Quando descrever as principais características dos materiais metálicos, mas não as associar à presença das bandas de energia em sua estrutura.	Quando não souber ou não conseguir descrever a Wurtzita.
5	Quando aceitar a afirmativa como falsa e se utilizar do conceito de ligações químicas para explicá-la considerando a existência de cristais com outros tipos de ligações químicas.	Quando aceitar a afirmativa como falsa, mas não souber explicar utilizando o conceito de ligações químicas.	Quando aceitar a afirmativa como verdadeira, desconsiderando a existência de cristais com outros tipos de ligações químicas.

6	Quando descrever bem as características dos sólidos cristalinos incluindo: arranjo geométrico bem definido de seus átomos, alto fator de empacotamento e consequentemente alta resistência.	Quando descrever parcialmente as características dos sólidos cristalinos.	Quando não souber ou não conseguir descrever as principais características que fazem os sólidos cristalinos se destacarem nos setores tecnológicos e industriais.
---	---	---	---

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

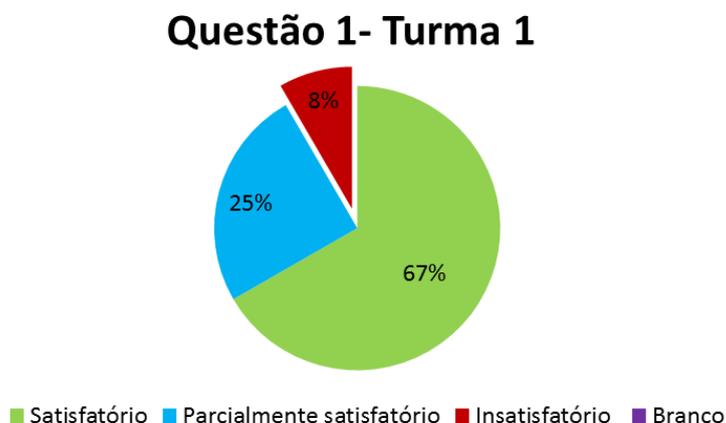
As atividades analisadas foram aquelas que os estudantes participaram ativamente de maneira individual e em grupos. Os resultados obtidos foram analisados a partir de quatro categorias criadas para identificá-los e classificá-los tanto para o pré-teste quanto para o pós-teste, sendo estas: satisfatório, parcialmente satisfatório, não satisfatório e branco (ausência de resposta).

4.1 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO

A primeira etapa da sequência de atividades planejadas se deu com a aplicação de um questionário diagnóstico (Quadro 4), elaborado pela monitoria por sugestão da professora. Para responderem, foi dado aos estudantes um intervalo de 40-50 min (uma aula), visando averiguar o conhecimento prévio deles. Concordamos com Ferreira e Soares Jr. (2019) quanto ao uso desse instrumento que permite caracterizar as turmas avaliando as maiores dificuldades apresentadas em cada uma delas antes do início do processo de modelar as estruturas cristalinas dos sólidos com as esferas de isopor. Assim, os resultados obtidos neste questionário permitiram inferir as construções do conhecimento anteriores à aplicação desta intervenção.

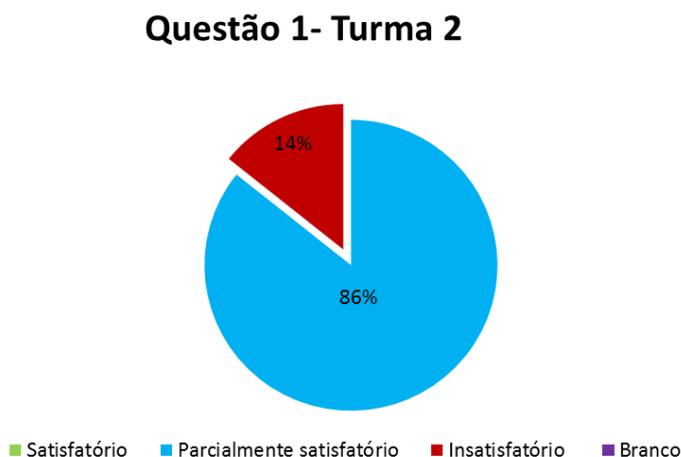
A Figura 13 exibe o percentual das respostas da questão 1 para a turma 1, sendo observado que, apesar de a maioria dos estudantes (67%) terem respondido satisfatoriamente sobre definição de Ligação Química, outros 33 % não a compreenderam tão bem.

Figura 13: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 1 do Questionário diagnóstico da Turma 1 (tarde).



Já para a Turma 2, Figura 14, nenhum dos estudantes conseguiu respondê-la coerentemente, tendo 86% das respostas regulares e 14% insatisfatórias.

Figura 14: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 1 do Questionário diagnóstico da Turma 2 (noite).



Esse primeiro resultado mostrou que os estudantes apresentaram dificuldade no entendimento de Ligações Químicas e por conta disso, é esperado que a compreensão deles acerca do conceito de Estruturas de Sólidos Cristalinos seja dificultada dado que, segundo Mortimer, Machado e Romanelli (2000), são as concepções acerca da organização e interação entre as espécies químicas, íons, átomos e moléculas, que fornecem subsídios importantes para que as transformações dos materiais, cujos sólidos estão amplamente envolvidos, sejam compreendidas.

Na Questão 2, foi requisitado que os estudantes diferenciasssem as estruturas do diamante, grafite e do “futeboleno” (C₆₀), alótropos do carbono, quanto às suas ligações e interações moleculares apresentadas, destacando o impacto de cada uma delas nas propriedades físicas.

Como pode ser observado nos gráficos das Figuras 15 e 16, na Turma 1 e na Turma 2, boa parte dos estudantes, 75% e 72%, respectivamente, conseguiram prever, de maneira regular, as características das ligações químicas.

Figura 15: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 2 do Questionário diagnóstico da Turma 1 (tarde).

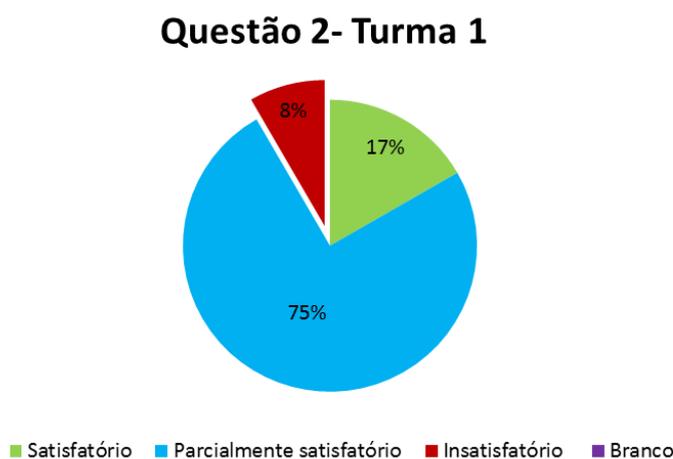
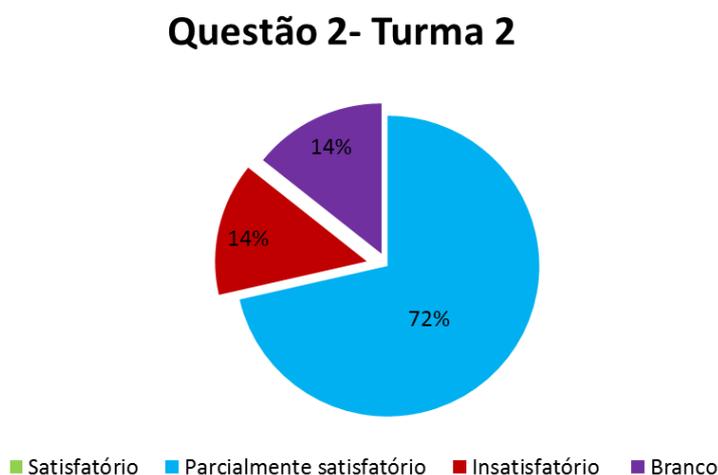


Figura 16: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 2 do Questionário diagnóstico da Turma 2 (noite).



Isso demonstrou que os discentes apresentaram dificuldade em classificar as substâncias apesar de conseguirem mencionar as propriedades macroscópicas desses compostos no qual a

maioria dos estudantes do Ensino Superior não conseguiram definir satisfatoriamente uma ligação iônica, covalente e metálica e nem classificaram as substâncias, quanto ao tipo de ligação envolvida. Os autores destacam ainda, que os alunos mencionam algumas propriedades macroscópicas satisfatoriamente, mas pelas outras afirmações, percebeu-se que eles não conseguiram relacionar as estruturas internas dos compostos com as propriedades mencionadas.

Nesse sentido, foi considerado pela equipe (professora, estágio-docência e monitoria) que a dificuldade expressa pelos estudantes desta pesquisa quanto à classificação das ligações químicas poderia impactar diretamente no estudo e entendimento das estruturas cristalinas, já que elas apresentam variações em suas estruturas internas a depender do caráter iônico, covalente e metálico das ligações de suas espécies químicas.

Na Questão 3, acerca do entendimento de sólidos cristalinos e amorfos, o quadro foi revertido como suposto anteriormente pela equipe com base em Fernandes e Campos (2012a). Assim, conforme previsto, a grande maioria dos estudantes, tanto da Turma 1 quanto da Turma 2, responderam de maneira insatisfatória a Questão 3, Figuras 17 e 18. Esse alto percentual, 59% na Turma 1 e 86% na Turma 2, demonstrou a dificuldade e/ou até desconhecimento por parte dos discentes, com relação ao tema, o que também pode ser verificado pelo percentual de respostas brancas 25% e 14% para a Turma 1 e 2, respectivamente.

Figura 17: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 3 do Questionário diagnóstico da Turma 1 (tarde).

Questão 3- Turma 1

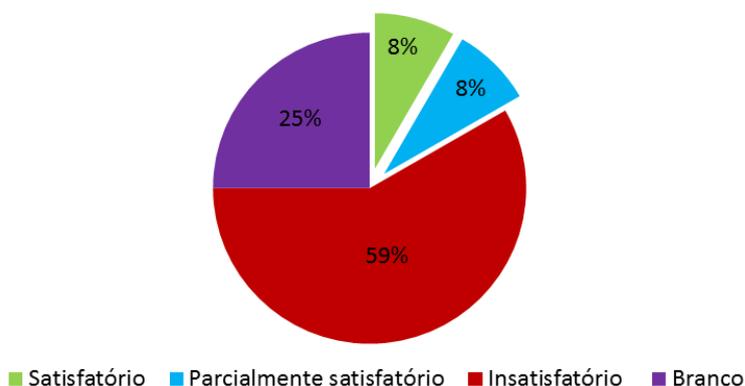
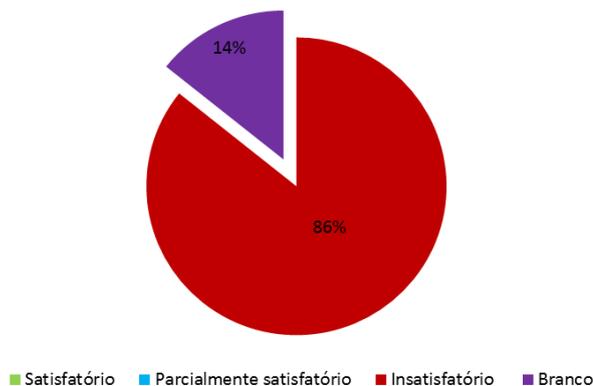


Figura 18: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 3 do Questionário diagnóstico da Turma 2 (noite).

Questão 3- Turma 2



Assim, os resultados obtidos a partir da Questão 3, Figuras 17 e 18, sobre sólidos cristalinos e amorfos, confirmaram a inferência feita a partir dos resultados da primeira questão desse questionário diagnóstico, demonstrando concordância com Ferreira e Soares Jr. (2019), já que foi possível verificar o impacto direto das conexões químicas no aprendizado do conteúdo de sólidos.

Quando questionados acerca das características dos sólidos metálicos, Questão 4 apenas 17% dos graduandos da Turma 1 e 14% da Turma 2 responderam a esse questionamento de maneira insatisfatória, tendo a grande maioria das respostas se enquadrado na categoria regular, conforme mostrado nas Figuras 19 e 20.

Figura 19: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 4 do Questionário diagnóstico da Turma 1 (tarde).

Questão 4- Turma 1

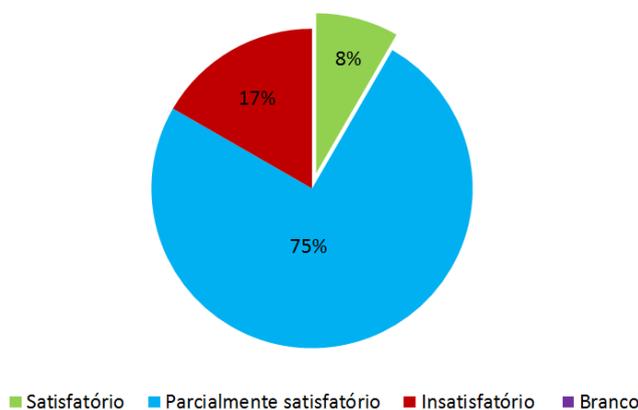


Figura 20: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 4 do Questionário diagnóstico da Turma 2 (noite)

Questão 4- Turma 2



Os resultados obtidos até então corroboram com os estudos de Teixeira (2000) no sentido de que muitos dos alunos de graduação em Química não sabem distinguir os sólidos quanto ao tipo de ligação química, nem conseguem prever as suas propriedades, embora sejam eficientes em prever as características de todos os tipos de ligação, como foi verificado neste questionário diagnóstico.

A penúltima questão, Questão 5, Figuras 21 e 22, foi elaborada no intuito de fazer a ponte entre os cristais e as ligações químicas, relacionando os conteúdos já vistos anteriormente pelos estudantes com este primeiro.

Figura 21: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 5 do Questionário diagnóstico da Turma 1 (tarde).

Questão 5- Turma 1

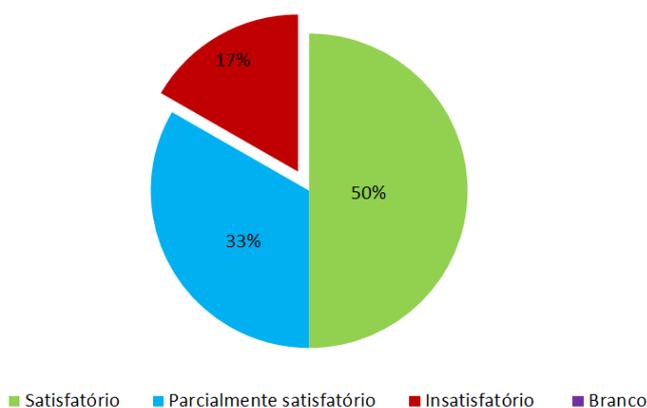
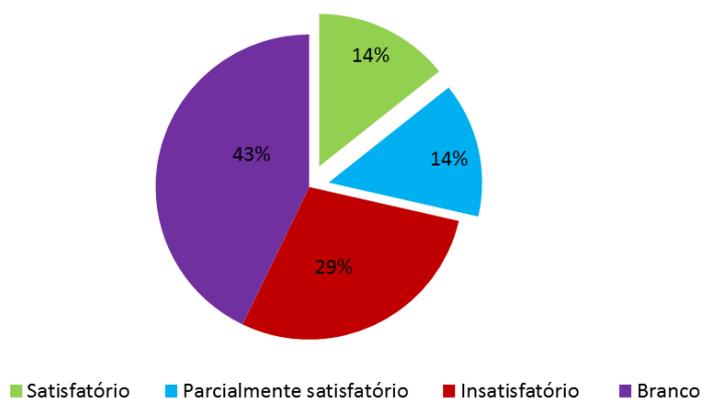


Figura 22: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 5 do Questionário diagnóstico da Turma 2 (noite).

Questão 5- Turma 2



Assim, esta questão teve como propósito desafiar os discentes, no sentido de avaliar o quanto eles tinham conhecimento dessa relação e o quanto compreendiam os cristais. Os resultados foram bastante distintos em ambas as turmas. Na turma 1, metade dos discentes conseguiram responder ao questionamento de maneira satisfatória, outros 33% de maneira regular e 17% de maneira insatisfatória, Figura 21. No entanto, na Turma 2, 29% responderam de maneira insatisfatória e a maioria não respondeu a questão, 43%, tendo somente 14% de respostas regulares e outros 14% de satisfatórias, Figura 22, dificultando o diagnóstico.

Dado os resultados distintos em ambas as turmas em todas as questões, foi possível observar as disparidades entre elas quanto ao objeto de estudo, bem como a necessidade de um maior reforço, especialmente em relação às ligações químicas, aos estudantes da Turma 2, sendo feito a partir da revisão mais detalhada desse conceito antes da etapa de construção orientada das estruturas, de fato. O Quadro 8 mostra algumas das repostas dadas pelos estudantes a essa questão:

Quadro 8: Respostas referentes a Questão 5 acerca das estruturas cristalinas no questionário diagnóstico.

Respostas dos estudantes a questão sobre as ligações químicas dos cristais
<p>Aluno GT- Turma 1:</p> <p>5º) "Os cristais são formados apenas por ligações iônicas, como no caso do NaCl, ou por ligações metálicas, como Fe".</p> <p>A afirmação é falsa. Uma vez que cristais podem ser formados a partir do compartilhamento de elétrons, como é o caso da diamante (covalente), não sendo exclusiva das ligações iônicas e metálicas.</p>
<p>Aluno MT- Turma 1:</p> <p>5) Com base nos meus conhecimentos constantes no ensino médio, acredito que esta afirmação está <u>correta</u>. As ligações metálicas formam cristais. O NaCl - que está na sentença - se forma em retículo cristalino por meio da ligação iônica. E as ligações metálicas também formam um retículo cristalino.</p>
<p>Aluno MT- Turma 1:</p> <p>5:) Falso. Não sei muita coisa sobre cristais, mas deve existir algum formado por ligação covalente.</p>
<p>Aluno SN- Turma 2:</p> <p>5-) Falso; os cristais em sua grande maioria são formados por ligações covalentes (onde normalmente form a base do metais) ou por ligações metálicas para a formação de ligas metálicas. Porém, existe cristais por ligação covalente como por exemplo o Diamante.</p>
<p>Aluno GN- Turma 2:</p> <p>5º) Realmente opino como leiga, por não ter tido nenhuma pesquisa, mas não sei opinar, mas acho que sim diante desse trabalho vamos aprender.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Diante dos resultados dessa etapa inicial, que corroboram com o estudo de Fernandes e Campos (2012a), em linhas gerais, os estudantes de ambas as turmas apresentaram problemas em relação ao conteúdo de ligação química, mais especificamente, quanto à relação desse conceito com as propriedades macroscópicas das substâncias iônicas, metálicas e covalentes e, por conseguinte, com suas respectivas estruturas internas. Por isso, a intervenção didática sequencial proposta neste trabalho focou justamente na relação entre os três níveis distintos do conhecimento químico, como propõe De Camargo *et al.* (2018), promovendo o ensino das estruturas sólidas cristalinas no viés do ponto de micro e macroscópico e representacional a partir dos modelos.

O questionário diagnóstico foi concluído com a Questão 6, Figuras 23 e 24, que propôs aos graduandos fazerem uma correlação entre as definições e classificações das ligações químicas (covalentes, iônicas e moleculares) e suas relações com as estruturas internas dos sólidos cristalinos no âmbito social, econômico e ambiental, dado o destaque dessas estruturas para o desenvolvimento de materiais, como aponta Ferreira e Soares Jr. (2019).

O maior percentual de respostas obtidas para a Turma 1 e 2, seguindo esta ordem, foram de 41% e 43%, na categoria regular. As respostas satisfatórias apresentaram os valores de 25% na Turma 1 e 14% na Turma 2.

Figura 23: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 6 do Questionário diagnóstico da Turma 1 (tarde).

Questão 6- Turma 1

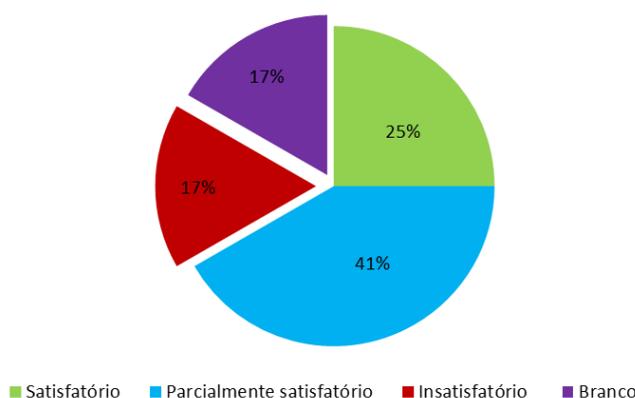
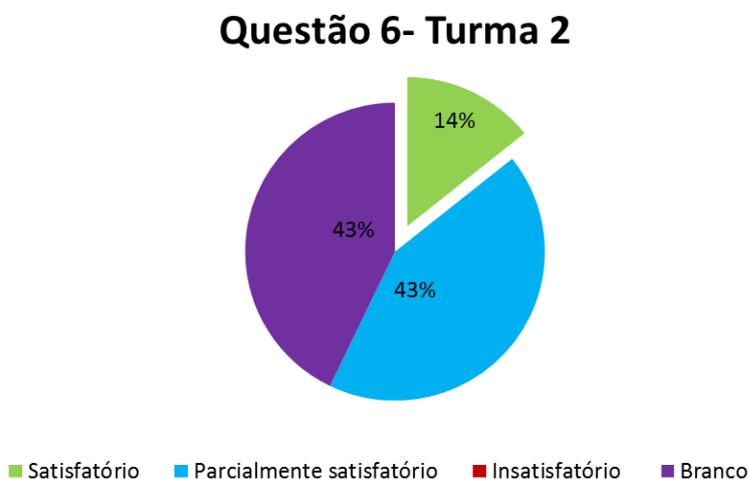


Figura 24: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 6 do Questionário diagnóstico da Turma 2 (noite).



Vale destacar ainda que 17% das respostas da Turma 1 foram em branco contra 43% na Turma 2, demonstrando novamente insegurança quanto ao conteúdo de estruturas de sólidos nesta turma, o que se deve, provavelmente, ao fato de a Química do estado sólido ser estudada de maneira superficial no Ensino Médio, conforme aponta Ferreira e Soares Jr. (2019), e faz com que somente agora no Ensino Superior estes estudantes passem a perceber a importância deste conteúdo para a Química Inorgânica e especialmente para química de materiais.

Outro ponto a ser levado em consideração, é o fato de que na Turma 2, com aulas no turno noturno, a maioria dos estudantes apresentavam outras demandas – pessoais, sociais, econômicas, motivacionais - além das exigidas na Universidade. Muitos deles optaram por um curso noturno, devido à necessidade pessoal de trabalhar durante o dia, tendo conseqüentemente, na maioria das vezes, rendimentos estudantis menores que os estudantes do turno vespertino. Isto é amplamente descrito na literatura (CARDOSO; SAMPAIO, 1994; FURLANI, 2001; BARREIRO; TERRIBILI FILHO, 2007; VARGAS; PAULA, 2013) e gera a necessidade de debates mais aprofundados visando o fornecimento de políticas públicas direcionadas a esses estudantes para que eles não passem a se enquadrar na categoria de profissionais “excluídos”, que não conseguem concluir os estudos ou até conseguem, mas enfrentando muitas dificuldades no trabalho (BARREIRO; TERRIBILI FILHO, 2007)

Nesse sentido, uma possível explicação para o fato de esses discentes apresentarem mais dificuldades em relação ao tema, observadas em todas as questões, é justamente por terem menos tempo para se dedicarem ao estudo, apresentando, portanto, fragilidades na compreensão dos conceitos fundamentais, como o de Ligação Química (MARQUES;

BRAGA, DE FARIAS, 2017). Apesar de desafiadora, a proposta dessa intervenção permitiu atuar também no sentido de proporcionar um ambiente estimulante e motivador de aprendizagem a partir da estratégia de uso de modelos, complementares à aula expositiva dialogada, e toda a sequência planejada, com acompanhamento da monitoria acadêmica (TERRIBILI FILHO; NERY, 2009).

4.2 REALIZAÇÃO DA AULA EXPOSITIVA DIALOGADA

Na aula positiva dialogada foram abordados os principais conceitos referentes às estruturas dos sólidos, trazendo as definições, diferenciação entre sólidos amorfos e cristalinos e detalhamento deste último iniciando com os sólidos metálicos, com a introdução do modelo de empacotamento denso (ou compacto), que apresentam estruturas mais simples e compactas e partindo posteriormente para as explicações dos sólidos iônicos. Foram abordados célula unitária e parâmetros de redes, tipos de células unitárias, sistema de empacotamento simples e denso e tipos de interstícios. Nessa aula também foi disponibilizada uma simulação (<http://www.quimica3d.com/en/access.php>) para mostrar as representações das estruturas tridimensionais por computador.

Figura 25: Aula introdutória ministrada pelo estudante de estágio docência.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na aula seguinte, foi realizada discussão mais detalhada dos sólidos metálicos, fazendo relação com as suas propriedades físicas: ductibilidade, condutividades elétrica e térmica altas, brilho intenso, densidade elevada. Também foi discutido acerca do conceito de número de coordenação (NC), e de como eles são altos nos metais, sugerindo que as ligações nos metais devem ser diferentes das outras substâncias. Foi trazida, então, a explicação da Teoria de Bandas.

Figura 26: Aula 2 ministrada pelo estudante de estágio docência.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na aula final, realizada pela professora foram discutidas acerca das estruturas de compostos iônicos e as propriedades de substâncias dessa natureza a partir do modelo eletrostático, conforme recomenda Mendonça e Justi (2009). Assim, foi feita a correlação do nível macroscópico para o submicroscópico a partir da exploração das propriedades dos compostos para evidenciar elementos específicos do modelo, também do micro para o macroscópico, para que os estudantes compreendessem que a explicação dessas estruturas se dá a partir de suas ligações químicas.

4.3 CONSTRUÇÃO DOS MODELOS FÍSICOS 3D

A segunda etapa da sequência de atividades envolveu a montagem dos modelos das estruturas cristalinas com bolas de isopor. Toda esta etapa foi realizada mediante uma Ficha de Orientação elaborada previamente e entregue aos estudantes, seguida de constantes consultas e discussões sobre o conteúdo, sendo analisada mediante a observação dos estudantes ao longo de cada encontro.

No primeiro encontro com a monitoria, os estudantes foram assistidos com uma breve introdução ao tema de cristais, tópico 1, por duas monitoras, que discutiram o papel fundamental das Ligações Químicas e das noções de Geometria desenvolvidas ao longo do curso, a fim de reduzir as dificuldades percebidas no questionário prévio. No segundo tópico, requisitos da atividade, foi realizada a leitura conjunta das orientações a serem seguidas pelos estudantes para essa intervenção, assim, os discentes puderam apresentar suas dúvidas e questionamentos quanto aos conteúdos destacados na Ficha de Orientação. Também foi solicitado aos estudantes que todos estivessem munidos das bolas de isopor e dos devidos materiais listados, levando em consideração os tamanhos das esferas indicados na Ficha.

No segundo encontro foi dado início ao terceiro e mais importante tópico, atividade experimental, a partir da montagem de cada uma das estruturas dos principais tipos de

empacotamento propostos pela Ficha: cúbico de corpo centrado (CCC), hexagonal compacto (HC) e cúbico de face centrada (CFC), dando ênfase também as estrutura dos cristais iônicos. Os estudantes de ambas as turmas foram acompanhados pela monitoria.

Dessa forma, nos encontros posteriores agendados com a monitoria (3 e 4), foram estudados e detalhados os cristais relacionando os três níveis do conhecimento químico: microscópico, macroscópico e representacional. Nesse sentido, as diferenças entre as estruturas iônicas e metálicas foram explicitadas haja vista que íons de cargas opostas ocupam os vértices dos retículos nas primeiras, enquanto que nos metais os cátions é quem ocupam esse lugar, estando rodeados de elétrons em movimento desordenado por toda estrutura cristalina (MAHAN; MYERS, 1997).

Foi possível observar que dentre os conceitos relacionados aos cristais estudados, o que mais causou dúvida aos estudantes foram os chamados vãos, buracos ou interstícios, formados a partir dos espaços vazios entre os átomos e/ou íons, conhecidos como interstícios tetraédricos ou octaédricos (ATKINS; JONES, 2012). Por conseguinte, a estrutura considerada mais complexa pelos alunos foi a da “Wurtzita” (ZnS), por se tratar de um retículo iônico de arranjo hexagonal compacto, isto porque nesse sólido os cátions Zn^{2+} encaixam-se nos vãos do tipo tetraédricos formados pelos ânions S^{2-} , originando uma estrutura cristalina, Figura 27.

Figura 27: Estrutura da Wurtzita modelada pelos estudantes ao longo da atividade.



Fonte: Elaborado pelos estudantes participantes (2019).

No quinto encontro, deu-se continuidade a sequência de atividades seguindo os exemplos e questionamentos ao longo de toda Ficha de Orientação. A partir deles foram estudadas algumas das possibilidades de agrupamento de esferas de diferentes raios em redes que representam cristais iônicos, permitindo observar como a razão dos raios dos cátions e dos ânions determina o número de coordenação das estruturas, mediante a construção da rede da wurtzita, $Zn^{2+}X_{(s)}^{2-}$ (Figura 27) e do sal-gema, $Na^+Cl_{(s)}^-$, (Figura 28). A utilização dos modelos de isopor elaborados pelos estudantes na explicação e previsão dos conceitos químicos atrelados aos sólidos nesse momento foi planejada segundo Lazenby *et al.* (2019), levando em consideração a natureza epistêmica dos modelos que é normalmente deixada de lado nos currículos tradicionais.

Figura 28: Estrutura do sal-gema modelada pelos estudantes ao longo da atividade do tipo CFC.



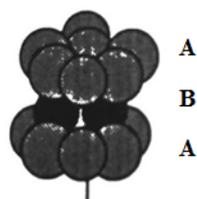
Fonte: Elaborado pelos estudantes participantes (2019).

Essa metodologia, conforme destaca Paldakar e Hegarty (2015) fez com que os estudantes passassem a visualizar as nuances de cada tipo de empacotamento o que melhorou suas competências representacionais quanto aos sólidos estudados. Por exemplo, segundo Atkins e Jones (2012) a estrutura e a propriedade de muitos metais podem ser explicadas ao se considerar o modelo de esferas rígidas, isto porque ao serem empilhadas essas esferas, que representam os cátions dos metais, adotam uma estrutura de empacotamento compacto deixando o mínimo de espaço livre. Na etapa 3.3 da Ficha de Orientação foi pedido para que os estudantes observassem as duas formas distintas possíveis na sequência de montagem dessa estrutura compacta variando a posição da última camada, Figura 29.

Figura 29: Figura referente ao item 3.3 da Ficha de Orientação de título “agrupamento mais compacto hexagonal”.

Construa dois “hexágonos” e um “triângulo”, montando igualmente a Figura 4. Responda as questões a seguir:

Figure 4. Procedimento de montagem do HC.

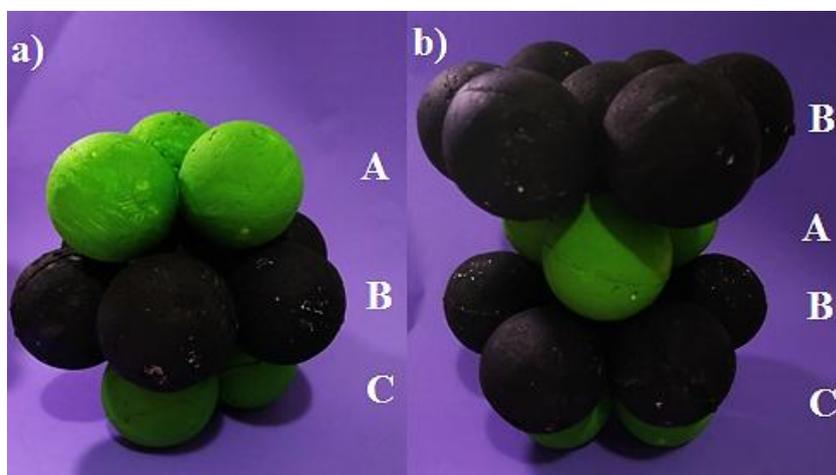


1) A superposição dos “triângulos” e “hexágonos” podem ocorrer de duas formas distintas, entretanto uma delas é mais compacta. Monte e descreva qual delas é mais compacta e exemplifique.

Fonte: Adaptado de Cotton e Lynch , 1968.

Essas estruturas são idênticas no mesmo plano, diferindo na terceira dimensão em que a sequência do tipo ABAB (terceira camada é simétrica à primeira camada) é do tipo hexagonal compacto enquanto que na sequência do tipo ABCABC (as esferas da terceira camada se acomodam nas depressões da segunda camada que não estão diretamente sobre os átomos da primeira) o empacotamento se torna do tipo cúbico de face centrada. Essa sutil diferença gera estruturas com geometrias distintas que só puderam ser visualizadas pelos estudantes na presença dos modelos concretos, Figura 30.

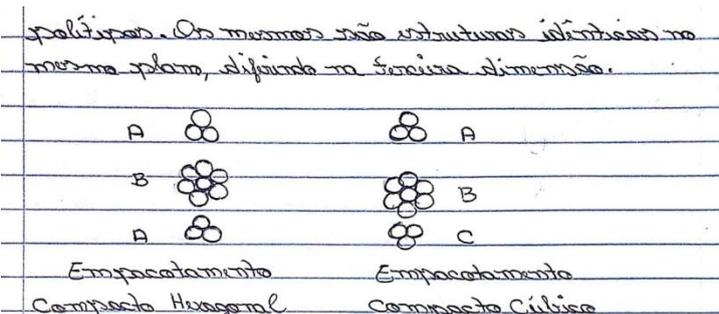
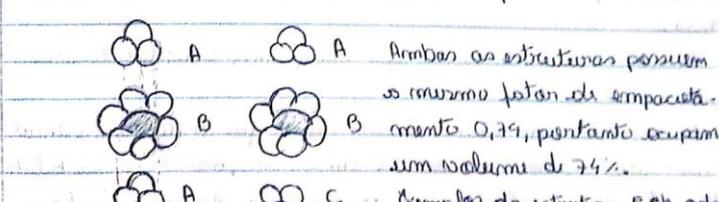
Figura 30: Estruturas compactas modeladas pelos estudantes do tipo a) cúbica de face centrada (ABCABC) e b) hexagonal (ABAB).



Fonte: Elaborado pelos estudantes participantes (2019).

O Quadro 9 mostra as respostas de alguns estudantes ao questionamento indicado na Ficha de Orientação:

Quadro 9: Respostas referentes ao questionamento acerca da seqüência de montagem das estruturas mostrado na Figura 30.

Respostas dos estudantes ao item 3.3 "Agrupamento mais compacto hexagonal"	
Aluno GT- Turma 1:	
<p>polítipos. Os mesmos são estruturas idênticas no mesmo plano, diferente na terceira dimensão.</p>  <p>Empacotamento Compacto Hexagonal Empacotamento Compacto Cúbico</p> <p>Ambas as estruturas têm o mesmo fator de empacotamento, 74%, sendo o volume não preenchido igual a 26%.</p> <p>Exemplos de Compacto Hexagonal são metais em condições normais: Zn, Be, Co etc, e de Compacto Cúbico são: Pb, Au, Ni etc.</p>	
Aluno TN- Turma 2:	
<p>4) Como as intersticiais da seqüência ABA formam um estável pode-se dizer que ela é a menos compacta.</p>	
Aluno JT- Turma 1:	
<p>A segunda estrutura é do tipo ABCABC... em que as saídas da terceira camada não cobrem as depressões da primeira camada. A segunda metade cobre metade das depressões da primeira e a terceira camada se encaixa acima das depressões restantes. Essa estrutura é intitulada empacotamento compacto cúbico, algumas vezes chamadas cúbica de face centrada. Veja abaixo os dois tipos de estruturas.</p>  <p>Ambas as estruturas possuem o mesmo fator de empacotamento 0,74, portanto ocupam um volume de 74%.</p> <p>Exemplos da estrutura cúbica de face centrada são: Be, Cd, Mg, Ti, Zn, etc. Exemplos da estrutura cúbica de face centrada pelas metais: Ag, Al, Au, Co, Ni, Pb, Pt, etc.</p>	

Analisando as respostas trazidas no Quadro 9 foi possível observar que os estudantes conseguiram identificar as duas estruturas distintas formadas: cúbica de face centrada e hexagonal compacta. Dois dos três alunos exemplificados (GT e JT) classificaram ambas as estruturas como igualmente compacta, dado que o fator de empacotamento atômico das duas é o mesmo, $FEA = 0,74$. A aluna TN, no entanto, forneceu uma resposta incompleta e confusa, mas que merece destaque por ter trazido o conceito de interstício nessa discussão. Isto porque as duas estruturas apresentam FEA e NC iguais, mas geometrias completamente distintas o que faz com que os interstícios, formados pelos átomos, apresentem quantidades também diferentes.

Na célula do tipo CFC existem 8 interstícios tetraédricos e 4 octaédricos, enquanto que a do tipo HC possui 12 interstícios tetraédricos e 6 octaédricos o que permite considerar a primeira estrutura ainda mais compacta que a segunda. É importante destacar que nem mesmo o livro de Química Geral de Atkins e Jones (2012) utilizado como referência na disciplina faz essa distinção.

Com isso, os estudantes foram aprendendo os benefícios (permitem montar configurações espaciais diversas, são acessíveis e versáteis) e as limitações (ocupam muito espaço e o material é de fácil desgaste) dos modelos construídos com isopor (LIMA; LIMA-NETO, 1999) e também a como relacioná-los aos conhecimentos científicos ao longo dos encontros de monitoria.

A acessibilidade foi ponto primordial para o desenvolvimento dessa intervenção já que a realidade econômica de muitos dos estudantes de IFES é difícil. Em relação aos cursos de Licenciatura em Química esse fenômeno foi observado por Massi e Villani (2014) ao analisar o perfil dos graduandos dos cursos de licenciatura e bacharelado em Química da UNESP apontando para um menor capital cultural e econômico dos licenciandos em relação aos bacharéis. Nesse sentido, explorar estratégias de custo mais acessível no ensino de Química para os licenciandos se faz extremamente necessário.

As Figuras 31 e 32 a seguir mostram o resultado final de alguns dos modelos construídos pelos estudantes ao término dos encontros de monitoria utilizando bolas de isopor, palitos e tintas, para melhorar a visualização.

Figura 31: Estruturas compactas modeladas pelos estudantes do tipo cúbica simples (CS).



Fonte: Elaborado pelos estudantes participantes (2019).

Figura 32: Estruturas compactas modeladas pelos estudantes do tipo cúbica de corpo centrado (CCC).



Fonte: Elaborado pelos estudantes participantes (2019).

Simões Neto, Campos e Marcelino Júnior (2013) também utilizaram modelos moleculares do tipo concreto em seus estudos acerca das substâncias isoméricas no intuito de facilitar a compreensão das ligações químicas e os arranjos espaciais presentes nessas estruturas tridimensionais demonstrando em seus resultados que estes cumpriram com os objetivos propostos. Nesse sentido, os resultados descritos até aqui vão ao encontro dos estudos desses autores e mostram que a escolha dos modelos concretos no nosso trabalho se mostrou assertiva por ter permitido instrumentalizar a abordagem didática em relação ao grau de abstração e representação microscópica presentes no estudo de sólidos.

4.4 REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE ORAL

A atividade oral foi a última da sequência proposta, tendo sido realizada em duplas. A partir dela os estudantes puderam apresentar suas estruturas construídas ao longo do processo e foram respondendo aos questionamentos dados pela professora, associados aos modelos elaborados. Iniciou-se com os sólidos metálicos, seguindo a ordem prevista da Ficha de Orientação entregue a eles. Os questionamentos envolviam: máximo empacotamento de possível esferas iguais em um plano e por camadas, número de coordenação de cada átomo na estrutura, número de átomos da célula unitária, montagem da célula unitária, tipo de interstícios envolvidos, tipo de empacotamento, sequência do empacotamento, etc.

Conforme destaca Espinosa, Marasigan e Datukan (2016) as discussões em torno dos modelos construídos foram realizadas no intuito de orientar os alunos quanto ao seu uso. Assim, a professora teve um papel importante nessa atividade atuando no sentido de facilitar a construção dos modelos e visualização dos conhecimentos por trás deles.

4.5 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO REALIZADO APÓS A ATIVIDADE PRÁTICA

A partir do questionário aplicado ao final da atividade foi possível verificar a evolução dos alunos na compreensão de conceitos (interstícios, célula unitária, número de coordenação, entre outros) e da visualização tridimensional dos retículos cristalinos.

Na Questão 1 do questionário final foi perguntado aos estudantes acerca do entendimento do que são sólidos. O maior percentual de respostas foi de caráter regular, sendo 57% na Turma 1 e 100% na Turma 2. Isto porque a maior parte e todos eles responderam a questão citando os sólidos cristalinos de maneira correta, mas esqueceram dos sólidos amorfos, Figuras 33 e 34.

Figura 33: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 1 do Questionário aplicado após a realização da atividade na Turma 1 (tarde).

Questão 1- Turma 1

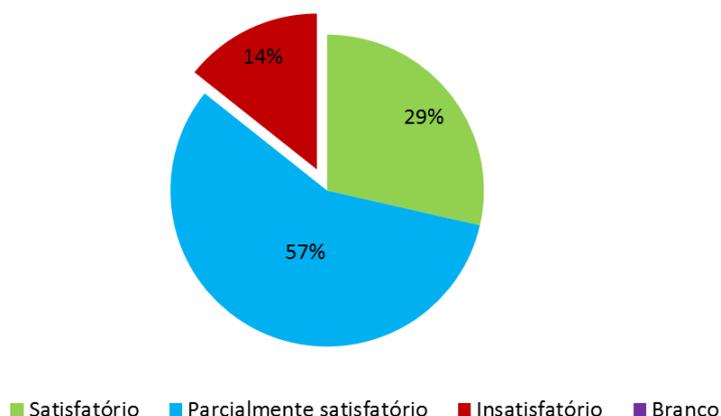


Figura 34: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 1 do Questionário aplicado após a realização da atividade na Turma 2 (noite).

Questão 1- Turma 2



Os resultados obtidos mostraram o aumento no desempenho dos estudantes nessa primeira questão final em relação ao questionário prévio, já que somente 14% das respostas foram insatisfatórias na Turma 1 e nenhuma na Turma 2, demonstrando segundo Paldakar e Hegart (2015) a eficácia do uso de modelos no desenvolvimento da competência representacional dos discentes, que conseguiram, em sua grande maioria, definir o conceito de sólidos conforme esperado.

Em relação à Questão 2, que relaciona as principais características e propriedades do cobre e ao tipo de ligação química nesse metal, bem como a sua estrutura cristalina, 43% das respostas foram satisfatórias e 57% regulares na Turma 1, Figura 35, enquanto que na Turma 2 todos responderam essa questão de maneira regular, Figura 36.

Figura 35: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 2 do Questionário aplicado após a realização da atividade na Turma 1 (tarde).

Questão 2- Turma 1

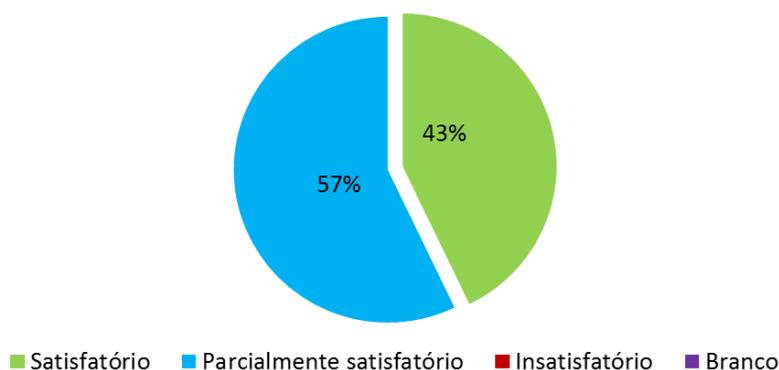
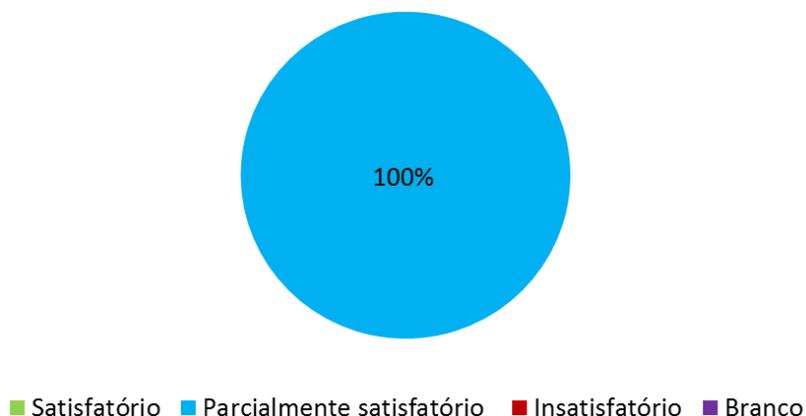


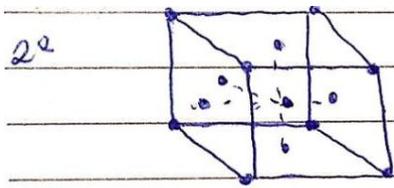
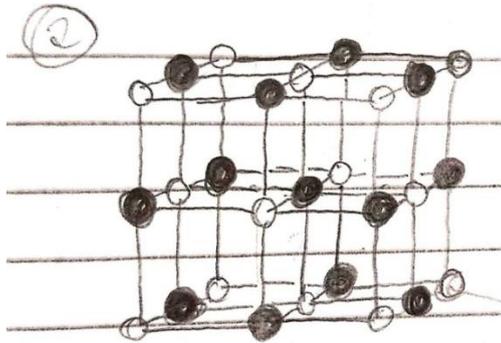
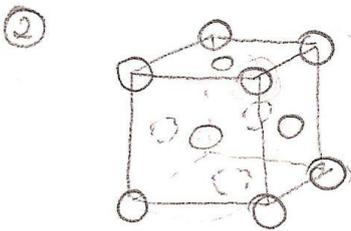
Figura 36: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 2 do Questionário aplicado após a realização da atividade na Turma 2 (noite).

Questão 2- Turma 2



De acordo com Stieff (2016) o uso de modelos promove uma melhora significativa na capacidade representacional dos estudantes, permitindo-os identificar as informações espaciais mais facilmente. Os resultados obtidos concordam com esse autor já que, após a realização da intervenção didática com os modelos, a capacidade dos discentes em identificar as informações espaciais da estrutura cristalina do cobre exigidas, bem como de traduzir corretamente essas representações no papel conforme o Quadro 10:

Quadro 10: Respostas referentes à questão 2 do questionário final.

Representação 2D da célula unitária do cobre (CFC) feita pelos estudantes	
Aluno AN- Turma 2:	
	<p>NC = 12</p> $n^{\circ} \text{ átomos} = \frac{1 \cdot 8}{4} + \frac{1 \cdot 8}{2} = 4$
<p>Elemento metálico de transição apresenta ligações metálicas.</p>	
Aluno RT- Turma 1:	
	
Aluno NN- Turma 2:	
	<p>NC = 12</p> <p>Número de átomos = 4</p>

Fonte: Elaborado pelas autoras (2021)

Os resultados de Alves (2018) em seu estudo “Modelos concretos: ferramentas importantes no estudo de sólidos inorgânicos” mostraram ainda que a utilização desses modelos, além de favorecer o desenvolvimento de intuições espaciais tridimensionais quanto aos sólidos inorgânicos, se destaca por permitir o manuseio dessas estruturas o que coloca tal ferramenta em vantagem às ferramentas bidimensionais tradicionais, como imagens, GIFs e vídeos, que são majoritariamente utilizadas por professores de Química.

Assim, após a manipulação e moldagem das estruturas todos os estudantes conseguiram descrever, ainda que de maneira regular as principais características do cobre, desenhando as estruturas do tipo cúbica de face centrada (CFC) desse elemento indicando o número de coordenação (NC) igual a 12 e o número de átomos (N_a) igual a 4. Os 43% dos estudantes da Turma 1 conseguiram, ainda, relacionar as características ductilidade,

maleabilidade e condutividade térmica e elétrica trazida na própria questão, com a ligação metálica envolvida, descrevendo a formação da estrutura cristalina de empacotamento denso do metal cobre a partir do encaixe de seus átomos nesse estrutura compacta cúbica de face centrada. Assim, percebe-se a resistência quanto a dificuldade de relacionar a ligação as propriedades e características da estrutura, isto porque, conforme destaca Ozmen (2004), as concepções alternativas se mostram resistentes e ressalta que pode ser necessário dedicar maior tempo para os conceitos fundamentais antes de conseguir acessar os conceitos mais abstratos, permitindo a identificação, diagnóstico e tratamento dessas concepções alternativas.

Na Questão 3 foi pedido para que os discentes descrevessem o sólido da Wurtizita quanto ao tipo de empacotamento e ligação presentes. Vale destacar, novamente, que a partir da vivência da atividade, a montagem e compreensão dos conceitos neste sólido foram consideradas complexas pela maioria dos alunos.

Stull, Gainer e Hegarty (2017) destaca a importância da manipulação dos modelos para a promoção de uma aprendizagem que seja significativa de fato, indicando que a presença do modelo físico permite descarregar a demanda de conceitos e processos de imagem que ocorrem na mente para aquela estrutura tridimensional. Os resultados obtidos após o uso de modelos para o ensino das estruturas cristalinas apontam justamente para essa melhora: 43% satisfatórios e 57% regulares para Turma 1, Figura 37, e 50% satisfatórios na Turma 2.

Figura 37: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 3 do Questionário aplicado após a realização da atividade na Turma 1 (tarde).

Questão 3- Turma 1



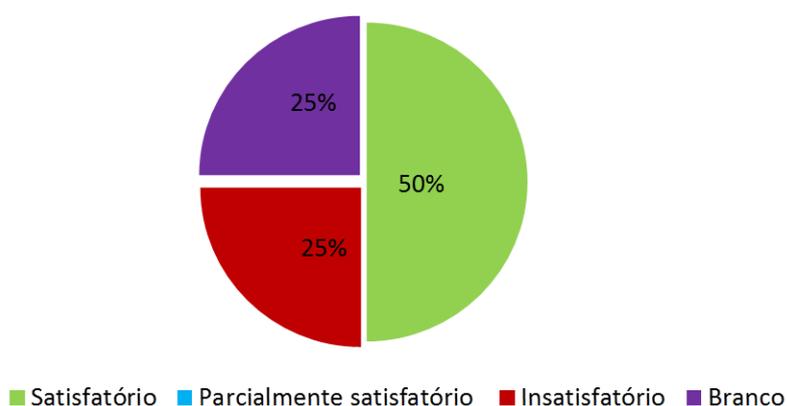
De acordo com Alves (2016), o uso dos modelos concretos permite o maior detalhamento da estrutura dos sólidos iônicos que não são possíveis nos recursos bidimensionais, permitindo que os estudantes tenham mais liberdade sobre a estrutura, como por exemplo, visualizar a presença de interstícios tetraédricos e octaédricos na estrutura da wurtzita, identificando que os primeiros estão ocupados pelos cátions Zn^{2+} o que resulta em uma estrutura cristalina hexagonal compacta.

A partir das repostas analisadas foi mostrada uma evolução quanto ao entendimento da wurtzita após o uso dos modelos de isopor, corroborando com os resultados do autor. O arranjo da Wurtzita (ZnS), foi bem representado na construção do modelo de isopor pelos estudantes e permitiu que pelo menos metade deles, aproximadamente, passasse a visualizar o arranjo dessa estrutura bem como os vãos envolvidos ao manipular essas estruturas modeladas (STULL; GAINER; HEGARTY, 2017).

Com relação à Turma 2, parte dos estudantes não responderam a Questão 3 fazendo com que o percentual de respostas brancas fosse de 25%, dificultando o diagnóstico da presença de dificuldade na resolução, como os outros 25% demonstrado no gráfico, ou se houve algum outro fator como o tempo, por exemplo. Os resultados para Turma 2 estão na Figura 38 a seguir.

Figura 38: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 3 do Questionário aplicado após a realização da atividade na Turma 2 (noite).

Questão 3- Turma 2



Já na questão 4, que diz respeito diferenciação entre sólidos amorfos e cristalinos, 71% e 67% dos discentes da tarde (Turma 1) e da noite (Turma 2), respectivamente, responderam corretamente essa questão, Figuras 39 e 40.

Figura 39: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 4 do Questionário aplicado após a realização da atividade na Turma 1 (tarde).

Questão 4- Turma 1

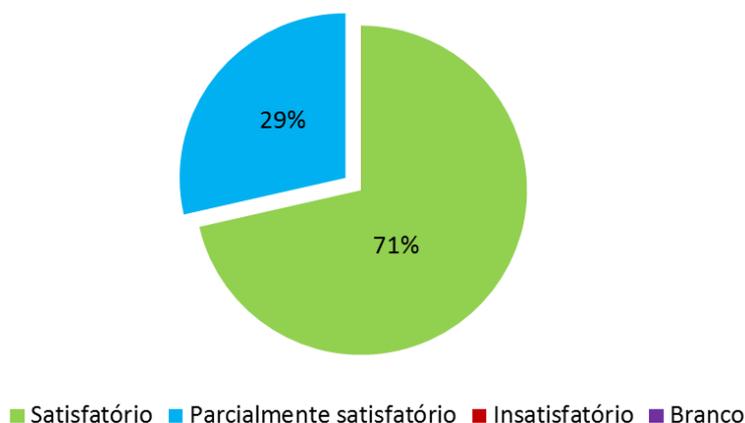
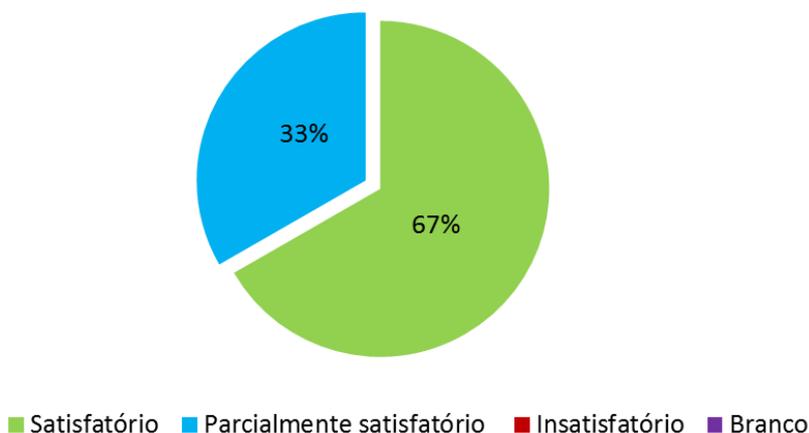


Figura 40: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 4 do Questionário aplicado após a realização da atividade na Turma 2 (noite).

Questão 4- Turma 2



A correlação deste resultado com o obtido na Questão 1, evidencia o fato de que os estudantes conseguem definir bem os tipos sólidos, tanto cristalinos e amorfos, quando esses tipos são enfatizados na questão, indicando que a falta de atenção destes estudantes quando se fala apenas de sólidos no geral, como pode ser observado no Quadro 11.

Quadro 11: Respostas dos estudantes a questão 4 do questionário final.

Respostas dos estudantes a questão acerca da classificação de dois sólidos: diamante e carbono ativado

Aluno RT- Turma 1:

④ A estrutura do diamante é a estrutura sólida cristalina, pois os átomos de carbono estão organizados na estrutura formando um retículo.

Enquanto que o carbono ativado é um sólido amorfo, no qual não forma um retículo, de maneira que os átomos estão desorganizados, sem forma.

Aluno BT- Turma 1:

④ A estrutura do diamante é cristalina enquanto a do carbono ativado é amorfa. A estrutura cristalina possui uma ordem de simetria tanto que para estudá-las utilizamos a célula unitária (a parte mínima que representa a estrutura) enquanto um sólido amorfo não possui ordem de simetria.

Aluno AN- Turma 2:

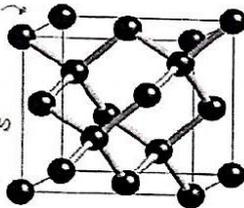
4: Sólidos cristalinos são formados a partir da repetição de uma célula unitária, ou seja, estruturas cristalinas. Essas células, que não são menores partes que se repetem, são as estruturas que constituem as células igualmente. Neste caso representam tudo pelo carbono diamante (Figura 1).

Os sólidos amorfos não têm uma linearidade na repetição das estruturas. A estruturas amorfos são constituídas de pequenas estruturas que variam ao longo da cadeia. Neste caso representam pelo carbono ativado.

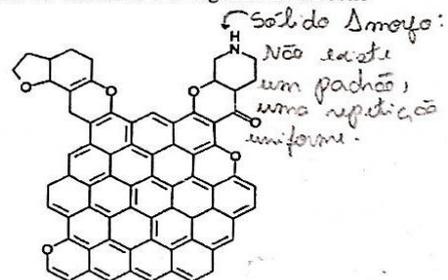
Aluno NN- Turma 2:

4. As imagens abaixo mostram dois compostos distintos de um mesmo elemento químico, o Carbono. A primeira figura é referente à estrutura do diamante e a segunda ao carbono ativado.

Sólido cristalino: →
Pode-se observar uma repetição uniforme das células unitárias, existe um padrão.



Fonte: Vermeeren *et al.*, 2009.



Fonte: Glogauer, 2004.

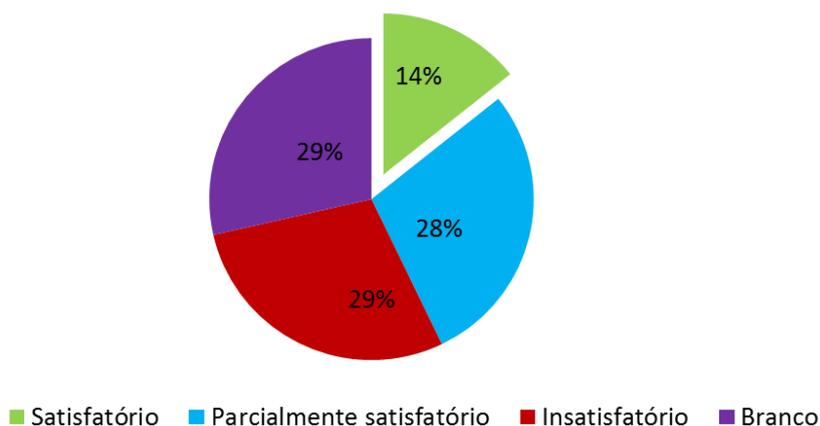
Conforme visto em sala, os sólidos são subdivididos em dois grandes grupos: cristalinos e amorfos. A partir disso, classifique ambas as estruturas e defina cada uma dessas classificações.

A Questão 5 do questionário final reforçou novamente a discussão acerca da importância dos sólidos cristalinos em diversos setores da sociedade. As respostas encontradas foram bem distintas em cada turma. Na Turma 1, 29% das respostas foram insatisfatórias empatando com outros 29% de respostas em branco, demonstrando que uma grande quantidade de discentes não souberam ou não conseguiram destacar as principais características que fazem os sólidos cristalinos se destacarem nos setores tecnológicos e industriais.

Dada a quantidade de respostas no questionário prévio da Turma 1 à questão semelhante, o mais provável é que os estudantes tenham perdido o controle em relação ao tempo das questões, no entanto a ausência de respostas dificulta a caracterização mais aprofundada desses resultados, como podemos ver na Figura 41.

Figura 41: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 5 do Questionário aplicado após a realização da atividade na Turma 1 (tarde).

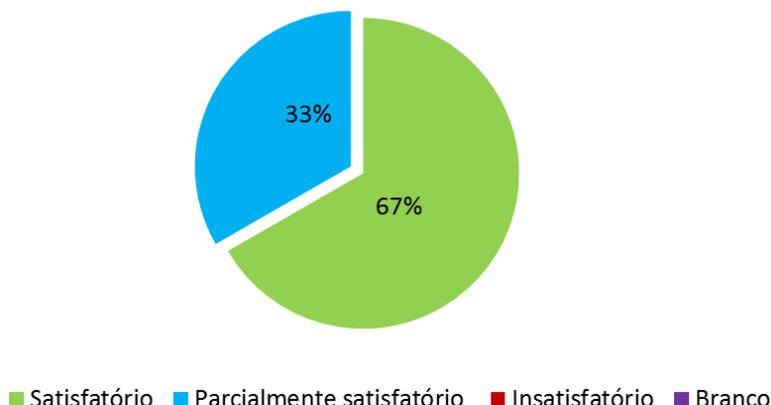
Questão 5- Turma 1



Na Turma 2, no entanto, os resultados foram muito positivos, com 67% das respostas satisfatórias e 33% regulares (Figura 42). Assim, a partir desses resultados, os estudantes dessa turma mostraram que conseguiram construir o conteúdo da Química do sólido associando-o ao cotidiano conforme propõe Ferreira e Soares Jr. (2019).

Figura 42: Percentual obtido a partir das respostas dos estudantes a Questão 5 do Questionário aplicado após a realização da atividade na Turma 2 (noite).

Questão 5- Turma 2



Ao fim da atividade, foi possível identificar as avaliações dos estudantes acerca do uso dessa metodologia como ferramenta de ensino e de aprendizagem, bem como as dificuldades enfrentadas por estes ao longo de cada uma das etapas propostas. Alguns desses relatos foram destacados nos quadros a seguir:

Quadro 12: Relatos dos estudantes após a realização da atividade.

Dê sua avaliação acerca das atividades, o que poderia ser melhorado/acrescentado?
<p>“O resultado final dessas atividades teve um saldo positivo. O maior desafio, entretanto, foi o momento inicial, pois não tínhamos contato nenhum com o assunto e tivemos o desafio maior de entendê-lo, responder a ficha e montar as estruturas. No fim conseguimos construir o conteúdo de forma lúdica. Minha opinião se volta com a aula teórica, visto que como já havíamos conseguido aprender grande parte do conteúdo para a apresentação, a aula teórica deveria focar mais nas partes que não conseguimos estudar direito, como por exemplo, nós alunos poderíamos sugerir tópicos que não ficaram claros com a nossa experiência inicial.”- Aluno GT(Turma 1)</p>
<p>“Acho que seria interessante se a montagem das células fossem realizadas em sala de aula com toda a turma.”- Aluno NN (Turma 2)</p>

“A atividade proposta foi boa, achei uma ótima estratégia fazer um questionário prévio, acredito que serviu para conhecer algumas concepções alternativas que muitos de nós tínhamos. A montagem das estruturas foi algo excelente, pois permitiu que nós visualizássemos na prática toda a parte teórica presentes nos livros, que muitas vezes por o aluno ter que possuir um nível de abstração elevado acaba dificultando a aprendizagem na química dos sólidos.”- Aluno JT (Turma 1)

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Quadro 13: Relatos dos estudantes após a realização da atividade.

Como você considera as atividades realizadas ao longo da disciplina? As atividades ajudaram na compreensão das propriedades das substâncias e modelos de ligações químicas nos sólidos?

“Apesar as atividades demandarem certo esforço, elas foram peças fundamentais do conhecimento dos sólidos cristalinos, uma vez que o assunto necessita de certo nível de abstração e habilidade para enxergar as estruturas. Dessa forma, o conhecimento fez-se tangível com os modelos e a percepção ficou mais clara acerca do conteúdo de modelos e ligações.” – Aluno BT (Turma 1)

“As atividades ajudaram muito para a compreensão do assunto principalmente quando houve a prova oral com o auxílio das estruturas.” - Aluno XT (Turma 1)

“Inicialmente as considerei desafiadoras visto que foi necessário buscar compreender o assunto sozinha, sem antes ter sido ministrado em sala de aula. No entanto ao buscar na literatura e com a ajuda das monitoras foi possível obter uma aprendizagem significativa uma vez que fizemos o paralelo entre a literatura e a prática. Foi possível compreender como os átomos ou íons se organizam na rede cristalina que conseqüentemente ajudou a entender algumas propriedades físicas”. –Aluno JT (Turma 1)

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Quadro 14: Relatos dos estudantes após a realização da atividade.

O que você considera mais importante para o aprendizado da Química dos sólidos?
“A promoção de atividades, pois ajuda o aluno a ter uma visão mais concreta da teoria, associando esse conhecimento ao seu cotidiano, como também a promoção da discussão da turma a cerca do assunto.”- Aluna FN
“Ligações químicas e forças intermoleculares”- Aluno AT
“Perceber com maior riqueza de detalhes fatores como a descontinuidade da matéria, presença de espaços vazios; porém sempre ressaltando que o modelo no qual o estudo foi feito foi a partir do modelo de John Dalton.”- Aluno TN

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Por fim, os relatos dos estudantes demonstram o saldo positivo ao final da atividade, tendo sugestões de melhoras válidas para pesquisas posteriores, como a realização de uma aula teórica com tópicos sugeridos pelos próprios estudantes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intervenção didática realizada na disciplina de Química Inorgânica L1, que envolveu a elaboração de modelos junto aos estudantes do curso de Licenciatura em Química, possibilitou a ampliação do conhecimento dos estudantes quanto à estrutura de sólidos cristalinos e conceitos correlacionados, levando-os a uma aprendizagem com mais significado.

A partir do questionário prévio foi possível verificar que os estudantes apresentavam dificuldade em relacionar os três níveis de conhecimento que perpassam na Química, que partem do micro ao macro, por meio das simbologias e representações. Mais especificamente, foram observadas lacunas na compreensão do conceito de ligação química e na relação desta com suas respectivas estruturas internas dos sólidos.

Foi verificado que modelar as estruturas tridimensionais utilizando esferas de isopor como unidades estruturais para o estudo dos principais agrupamentos atômicos encontrados nos sólidos, mostrou-se uma estratégia promissora e vantajosa para a aprendizagem. Isto porque o baixo custo do material garantiu uma maior acessibilidade e todos os alunos adquiriram o modelo, além de favorecer uma maior autonomia durante o processo de modelação, facilitando a visualização da conexão/interação entre os átomos ou íons e os números de coordenação dessas espécies nas estruturas cristalinas. Ademais, possibilitou aos estudantes, por exemplo, destacar as diferentes distâncias das ligações ao longo das estruturas, comparar os raios atômicos, visualizar os interstícios e todas as particularidades que permitem caracterizar os sólidos cristalinos, conforme observado na evolução da compreensão dos estudantes mediante as respostas majoritariamente positivas às questões 2, 3 e 4.

Após a realização das atividades e coleta dos dados por meio do questionário final, foi observado que a escolha dos modelos concretos para o ensino da geometria dos sólidos cristalinos se mostrou assertiva e promoveu a melhora da competência representacional dos estudantes. No entanto, ficou clara a necessidade da dedicação de maior tempo para as dificuldades que envolvem o conceito de ligações químicas dentro deste e de outros conteúdos dos currículos dos cursos de Licenciatura em Química, visto que se trata de um conceito estruturante dentro dessa ciência em que as concepções alternativas se mostram resistentes.

Por fim, todo esse estudo foi realizado durante o exercício da monitoria acadêmica, possibilitando uma experiência significativa na formação dos monitores e estagiário de docência que estiveram envolvidos diretamente com a docência dentro da própria universidade a partir da troca de saberes vivenciados no processo de ensino e aprendizagem deste conteúdo.

REFERÊNCIAS

- ALVES, D. F. S. Modelos concretos: ferramentas importantes no estudo de sólidos inorgânicos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA (SIMPEQUI), 16., 2018. **Anais Eletrônicos...** Rio de Janeiro: ABQ, 2018. Disponível em <http://www.abq.org.br/simpequi/2018/trabalhos/91/632-23015.html>. Acesso: 13 maio 2021.
- ANASTASIOU, L. G. C., ALVES, L. P. **Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula**. 3. ed. Joinville: UNIVILLE, 2004. 145 p.
- ARAÚJO, N. V.; GONÇALVES, J. M.; SOARES, S. L. F.; SILVA, D. S. A visualização da estrutura cúbica simples no ensino dos sólidos cristalinos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA (SIMPEQUI), 11., 2013. **Anais Eletrônicos...** Teresina: ABQ, 2013. Disponível em <http://www.abq.org.br/simpequi/2013/trabalhos/1911-13750.html>. Acesso: 11 fev. 2021.
- AUSUBEL, D. P. **Alguns aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento**. Buenos Aires: El Ateneo, 1973.
- ATKINS, P.W.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5. ed. Trad. Ricardo Bicca de Alencastro. Porto Alegre: Bookman, 2012. 965 p.
- ÁVILA, N. V. V. **Ciências dos Materiais**. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2019. 276 p.
- BALLESTER PÉREZ, J.R.; BALLESTER PÉREZ, M.E.; CALATAYUD, M.L.; GARCÍA-LOPERA, R.; SABATER MONTESINOS, J. V; TRILLES GIL, E. Student's Misconceptions on Chemical Bonding: A Comparative Study between High School and First Year University Students. **Asian Journal of Education and e-Learning**, v.5, n.1, 2017.
- BARBOSA, G. S. Teoria das Situações Didáticas e suas influências na sala de aula. In: Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM), 12., 2016, São Paulo. **Anais Eletrônicos...** São Paulo: ENEM, 2016, p.1-12. Disponível em <http://www.sbembrasil.org.br/enem2016/anais/comunicacoes-cientificas-15.html>. Acesso: 28 jul. 2021.
- BARBOZA, L. M. V.; HARACEMIV, S.M.C.; TREVISAN, T. S. Estratégia de ensino e aprendizagem em Química: Dimensão histórica da disciplina de Química. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (EDUCERE), 11., 2013, Curitiba. **Anais Eletrônicos...** Curitiba: EDUCERE, 2013, p. 15932-15941. Disponível em http://educere.bruc.com.br/ANAIS2013/trabalhos_1.html. Acesso: 11 fev. 2021.
- BARREIRO, I. M. F.; TERRIBILI FILHO, A. Educação superior no período noturno no Brasil: políticas, intenções e omissões. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 15, n. 54, p. 81-102, 2007.
- BASTOS, 2012 BASTOS, M. H. C. Educação pública e independências na América Espanhola e Brasil: experiências lancasterianas no século XIX. **Revista Historia de la Educación Latinoamericana**, v. 14, n. 18, p. 75 – 92, 2012.

BEHAR, P. A. **Modelos pedagógicos em educação a distância**. São Paulo: Penso editora, 2009. 18 p.

BORCHARDT-OTT, W. **Crystallography: an introduction**. 3.ed. Trad. Robert O. Gould. New York: Springer, 2011. 374 p.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Secretária de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 1999.

BRASIL. Parecer CNE/CES nº 1.303. **Diretrizes Nacionais Curriculares para os Cursos de Química**, 2001. Recuperado de: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1303.pdf>.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais—Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **Conselho Nacional de Educação**. Resolução CNE/CP Nº 2 de 22 de dezembro de 2017.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.

CALLISTER, W. D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 9. ed. Trad. Sergio Murilo Stamile Soares. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

CAPELLATO, P.; RIBEIRO, L. M. S. R.; SACHS, D. Metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem utilizando seminários como ferramentas educacionais no componente curricular Química Geral. **Research, Society and Development**, v. 8, n.6, p.1-17, 2019.

CARDOSO, R.; SAMPAIO, H. Estudantes universitários e o trabalho. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 9, n. 26, 1994.

CARLISLE, D.; TYSON, J.; NIESWANDT, M. Fostering spatial skill acquisition by general chemistry students. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 16, n. 3, p. 478-517, 2015.

CARROL, L. As aventuras de Alice no país das maravilhas. Trad. Sara Bento Pereira. São Paulo: Pandorga, 2019. 144 p.

CEDERJ . **Diamante**: cada átomo de carbono se liga a outros 4 átomos de carbono através de ligações covalentes. Fundação CECIERJ, 2011. Disponível em <https://canal.cecierj.edu.br/recurso/7715>. Acesso em: 10 jun.2021.

CHASSOT, A. **Educação conSciência**. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2003. 244 p.

CICUTO, C. A. T.; MIRANDA, A. C. G.; CHAGAS, S. S. Uma abordagem centrada no aluno para ensinar Química: estimulando a participação ativa e autônoma dos alunos. **Ciência e Educação**, v. 25, n. 4, p. 1035-1045, 2019.

COOK, M. P. Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. **Science Education**, v. 90, 1073-1091.

CONCURSO PÚBLICO–GRUPO MAGISTÉRIO EDITAL Nº. 36/2011-REITORIA/IFRN.

COTTON, A.; LYNCH, L. D. Trad. Horário Macedo. Curso de Química. São Paulo: Fórum Editora, 1968.

DA SILVA, A. G. P. **Estrutura e propriedades de materiais cerâmicos**. Capítulo IV: Estruturas atômicas, p. 24-77, 2016.

DA SILVA, M. F.; BOSSOLAN, N. R. S. Contribuições de uma sequência didática com modelos táteis para as representações mentais de alunos universitários sobre proteínas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.24, n.2, p. 17-37, 2019.

DE CAMARGO, L. C. ASQUEL, S. S. OLIVEIRA, B. R. M. Problematizando o ensino de modelos atômicos: estudo das representações e o uso de um jogo didático. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 3, n. 3, p. 197-213, 2018.

DE FARIAS, F. M. C.; DEL-VECCHIO, R. R.; CALDAS, F. R. R.; GOUVEIA-MATOS, J. A. DE M. Construção de um modelo molecular: uma abordagem interdisciplinar Química-Matemática no ensino médio. **Revista Virtual de Química**, v.7, n. 3, p. 849-863, 2015.

DOS SANTOS, F. DOS SANTOS, J. R. Ligações Químicas: Concepções de estudantes de Licenciatura em Química. **Revista UNILUS- Ensino e Pesquisa**, v. 14, n. 37, p. 58-64, 2017.

DOS SANTOS, R. G. **Transformações de fases em materiais metálicos**. 3. ed. [S.l.]: Fundação de Desenvolvimento da Unicap- Funcamp, 2017. 423 p.

ESPINOSA, A.; MARASIGAN, A.; DATUKAN, J. Exploring students' visual conception of matter: towards developing a teaching framework using models. **Teaching Science**, v. 64, n. 4, p.56- 67, 2016.

FERNANDES, L. S.; CAMPOS, A. F. O ensino e a aprendizagem de ligação química através de situação-problema (SP). In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA (ENEQ) 16., ENCONTRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA DA BAHIA (EDUQUI), 10., 2012, Salvador. Anais Eletrônicos... Salvador: ED/SBQ, p. 1-12. Disponível em <https://periodicos.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/view/7344>. Acesso: 2 jun. 2021.

FERNANDES, L. S.; CAMPOS, A. F. Pesquisas em periódicos nacionais e internacionais sobre o ensino-aprendizagem de ligação química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 2, p. 153-171, 2012.

FERNÁNDEZ, C. MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligações químicas.

Química Nova, v.24, p. 20-24, 2006.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. Modelagem e o “fazer ciência”. **Química Nova na Escola**, n. 28, 2008.

FERREIRA, L. N.; SOARES JR., A. L. Estado Sólido: O ensino negligenciado em nível médio e a sua relevância no desenvolvimento de materiais. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.14, n.3, p. 455-471, 2019.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. Modelagem e o “fazer ciência”. **Química Nova na Escola**, n.28, 2008.

FRISON, L. M. B. Monitoria: uma modalidade de ensino que potencializa a aprendizagem colaborativa e autorregulada. **Pro-Posições**, v. 27, n. 1, p. 133-153, 2016.

FRISON, L. M. B.; MORAES, M. A. C. As práticas de monitoria como possibilitadoras dos processos de autorregulação das aprendizagens discentes. **Póiesis Pedagógica**, v. 8, n.2, p. 144-158, 2010.

FURLANI, L. M. T. **A claridade da noite**: os alunos do Ensino Superior noturno. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2001.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J.; ELMER, R. **Positioning models in science education and in design and technology education**. In: GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. *Developing Models in Science Education*. [S.l.]: Kluwer, 2000. p. 3-17.

GILBERT, J. K.; JUSTI, R.; QUEIROZ, A. S. The use of a model of modelling to develop visualization during the learning of ionic bonding. In: TASAR, M. F.; ÇAKMAKCI, G. (Eds.) **Contemporary science education research: International perspectives**. Ankara, Turkey: Pegem Akademi, 2010. p.43-51.

GLOGAUER, A. **Síntese e caracterização fotofísica de dois copolímeros eletroluminescentes: um completamente conjugado e outro multibloco tendo como unidade cromofórica o fluoreno-vinileno-fenileno**. 2004. 106 f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Química- Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, 2004.

GOMES, W. G. B.; MENDES, A. N. F.; CALEFI, R. M. Aprendizagem baseada em problemas: uma ferramenta para o Ensino de Química inorgânica num curso de Licenciatura em Química. In: VOIGT, C. L. **O Ensino de Química**. Atena Editora, 2019. p. 104-118.

GONÇALVES, J. M.; DUARTE, F. G.; ARAÚJO, N. V.; SOARES, S.L. F.; SILVA, D. S. A importância da visualização no Ensino de Estruturas Cristalinas na disciplina de Química Inorgânica Básica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA (SIMPEQUI), 11., 2013, Teresina. **Anais Eletrônicos**. Teresina: ABQ, 2013. Disponível em <http://www.abq.org.br/simpequi/2013/trabalhos/1891-15407.html>. Acesso: 11 fev. 2021.

JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry: logical or psychological? **Chemistry Education Research and Practice**, v. 1, n. 1, p. 9-15, 2000.

- JUSTI, R. Modelos e modelagem no Ensino de Química. In: MALDANER, O. A.; KOSEVICH, A. **The crystal lattice: phonons, solitons, dislocations, superlattices**. 2. ed. [S.l.]: Wiley, 2006. 356 p.
- LAZENBY, K.; STRICKER, A.; BRANDRIET, A.; RUPP, C. A.; MAUGER-SONNEK, K.; BECKER, N. M. Mapping undergraduate chemistry students' epistemic ideas about models and modeling. **Journal of Research in Science Teaching**, p. 1-31, 2019.
- LIMA, M. B.; LIMA-NETO, P. Construção de modelos para ilustração de estruturas moleculares em aulas de química. **Química Nova**, v.22, n.6, p. 903-906, 1999.
- LOYDE, P.; PEDER, J.; PASSOS, A. Q.; BARIN, C. O ensino de geometria e a geometria molecular. In: CONGRESSO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA (CPEQUI), 1., 2009, Londrina. **Anais Eletrônicos...** Londrina: UEL, 2009, p.76-87. Disponível em http://www.uel.br/eventos/cpequi/index_arquivos/Page713.htm. Acesso: 11 fev. 2021.
- MACHADO, P. F. L.; DOS SANTOS, W. L. P. **Ensino de Química em Foco**. Editora Unjui, 2019. p. 209 - 230.
- MAHAN, B. M. Y.; MYERS, R. J. **Química: um curso universitário**. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.
- MARQUES, D. A.; BRAGA, M. B. P.; DE FARIAS, S. A. Análise de evidências sobre a representação de modelos mentais em ligações químicas: concepções de licenciandos em Química. **Ensino e multidisciplinariedade**, v.3, n.1, p.1-16, 2017.
- MARTINS, M. G. DE FREITAS, G. F. G.; DE VASCONCELOS, P. H. M. A utilização de materiais alternativos no Ensino de Química no conteúdo de Geometria Molecular. **Revista Thema**, v. 15, n.1, p.44-50, 2018.
- MASSI, L.; VILLANI, A. Contribuições dos estudos de perfil dos graduandos: o caso dos cursos de licenciatura e bacharelado em Química da UNESP/Araraquara. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.14, n.1, p.151-170, 2014.
- MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. S. Construção de modelos no ensino de ligação iônica. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. **Atas...**Bauru: ABRAPEC, 2005, p.1-11.
- MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. S. Favorecendo o aprendizado do modelo eletrostático: análise de um processo de ensino de ligação iônica fundamentado em modelagem – Parte I. **Educación Química**, v.10, n.7, p.282-293, 2009.
- MESSEDER NETO; DE MORADILLO. O jogo no Ensino de Química e a interação entre os pares: revisitando o conceito de Zona de Desenvolvimento Iminente (ZDI). **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 3, p. 664-685, 2018.
- MIRANDA, M. **Código pedagógico dos jesuítas: Ratio Studiorum da Companhia de Jesus**. MORTIMER, E. F., MACHADO, A. H., ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do estado de minas gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova na Escola**, v. 23, n.2, p-273-283, 2000.

MOFFAT, W. G.; PEARSALL, G. W.; WULFF, J. **The structure and properties of materials:** structure. v.1. Nova York: Wiley, 1964. 236 p.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem.** São Paulo: EPU, 1999. 248 p.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do estado de minas gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v.23, n.2, p.273-283, 2000.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. Modelagem analógica no Ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 1, p. 155-183, 2018.

NATARIO, E. G. Programa de monitores para atuação no ensino superior: proposta de intervenção. 2001. 142 f. Tese (Doutorado) – Curso de Faculdade de Educação, Unicamp, Campinas, 2001.

NEIVA, A. C.; MELO, H.G; AOKI, I.V.; GUEDES. I.C.; CAMACHO, J.L.P.; MATAI, P.H.L.S. PQI 2110- **Química Tecnológica Geral.** Lista de exercícios– Ligações Químicas, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2003.

NEIVA, A. C.; MELO, H.G; PMT-3131 – **Química dos Materiais Aplicada à Engenharia Elétrica** PQI-3110 – Química Aplicada (Engenharias de Computação e Mecatrônica). Apostila – Parte 1 - Ligações Químicas. Universidade de São Paulo, USP, 2017.

NÓVOA, A. Universidade e formação docente. **Revista Interface:** comunicação, saúde, educação, p.129-133, 2000.

NUNES, J. B. C. Monitoria acadêmica: espaço de formação. In: SANTOS, M. M.; LINS, N. M. (Orgs.). **A monitoria como espaço de iniciação à docência:** Possibilidades e trajetórias. Natal: EDUFRRN, 2007, n. 9, p.45-57.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa.** Recife: Bagaço, 2005.
Dos SANTOS, R. G. **Transformações de fases em materiais metálicos.** 3. ed. [S.l.]: Fundação de Desenvolvimento da Unicap- Funcamp, 2017. 423 p.

ÖZMEN, H. Some Student Misconceptions in Chemistry: A Literature review of Chemical Bonding. **Journal of Science Education and Technology**, v. 13, n. 2, 2004.

PADALKAR, S.; HEGARTY, M. Models as Feedback: Developing Representational Competence in Chemistry. **Journal of Education Psychology**, v. 107, n. 2, p. 451-467, 2015.

PERES, C. M.; VIEIRA, M. N. C. M.; ALTAFIM, E. R. P.; MELLO, M. B.; SUEN, K. S. Abordagens pedagógicas e sua relação com as teorias de aprendizagem. **Medicina**, v.47, n. 3, p. 249-55, 2014.

PETRUCCI, V. B. C.; BATISTON, R. R. Estratégias de ensino e avaliação de aprendizagem em contabilidade. In: PELEIAS, I. R. (Org.) **Didática do ensino da contabilidade:** aplicável a outros cursos superiores. São Paulo: Saraiva, 2006.

PRADO, L. D.; ROCHA, H. V. A. Estado sólido na indústria farmacêutica: uma breve revisão. **Rev. Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 2080-2112, 2015.

PRADONOV, C. C.; FREITAS, E. C. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2.ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 277 p.

PUCHOLOBEK, G.; POSSEBON, R. C. V. Modelagem no ensino de química e perspectivas dentro do estágio supervisionado. In: VOIGT, C. L. (Org.). **O ensino de Química**. Ponta Grossa: Editora Atena, 2019. p.70-77.

QUADROS, A. L.; CRIZ, M. L. F.; BARCELOS, A. S.; DO CARMO, N. H. S.; DOS SANTOS, B. F. As relações sociais que regulam a prática docente no ensino de ligações químicas. **Educação Química em Ponto de Vista**, v.1, n.1, p. 144-166, 2017.

QUADROS, A. L.; SILVA, A. S. F.; MORTIMER, E. F. Relações pedagógicas em aulas de ciências da educação superior. **Química Nova**, v. 41, n. 2, p. 227-235, 2018.

RAZUCK, R. C. S. R.; OLIVEIRA NETO, W. A química orgânica acessibilizada por meio de kits de modelo molecular adaptados. **Revista Educação Especial**, v. 28, n. 52, p. 473-486, 2015.

REZENDE, S. M. **Materiais e dispositivos eletrônicos**. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2004. 529 p.

ROGENSKI, M. L. C.; PEDROSO, S. M. D. **O ensino da geometria na Educação Básica: realidade e possibilidades**. 2008. Disponível: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br>. Acesso: 01 ago. 2021.

SAARI, H.; VIIRI, J. A research-based teaching sequence for teaching the concept of modelling to seventh-grade students. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 11, p. 1333–1352, 2003.

SCHNEIDER, M.S.P.S. Monitoria: instrumento para trabalhar com a diversidade de conhecimento em sala de aula. **Revista Eletrônica Espaço Acadêmico**, n.65, 2006.

SCHNETZLER, R. P.; ARAGÃO, R. M. R. Importância, sentido e contribuições da pesquisa no ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 1, p. 27–31, 1995.

SCHWARZ, J. **Barbies, bambolês e bola de bilhar: 67 deliciosos comentários sobre a fascinante química do dia-a-dia**. Trad. José Maurício Gradel-Houzel. Rio de Janeiro: Zahar, 2009. p.13-20.

SILVA, S. T. S.; TEIXEIRA, R. R. S.; CARDOSO, R. H. F.; CARVALHO, R. C. S.; SANTOS, J. V. S.; VELOSO, V. D. A. Reflexões sobre o Ensino de Química e a confecção de modelos atômicos com matérias reaproveitáveis como prática pedagógica. **Destques Acadêmicos**, v. 11, n. 4, p. 326-341, 2019.

SILVA, T. S.; DE SOUZA, J. J. N.; DE CARVALHO FILHO, J. R. Construção de modelos moleculares com material alternativo e sua aplicação em aulas de Química. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 2, p. 104-117, 2017.

SIMÕES NETO, J. E.; CAMPOS, A. F.; MARCELINO JÚNIOR, C. A. C. Abordando a isomeria em compostos orgânicos e inorgânicos: uma atividade fundamentada no uso de situações-problema na formação inicial de professores de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 2, p. 327-346, 2013.

SETTI, G. O.; GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. Ensino de geometria molecular por meio do uso de modelo físico construído com materiais recicláveis e de baixo custo. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 2, p. 542-557, 2019.

SOUZA, L. O.; SIMÕES NETO, J. E.; LIMA, A. P. A. B. A Dinâmica do Contrato Didático no Ensino de Calorimetria por Resolução de Situações-Problema: a simultaneidade de duas relações contratuais. **Química Nova na Escola**, v.41, n.1, p. 33-40, 2019.

SHRIVER, D. F.; ATKINS, P. W. **Química Inorgânica**. Trad. Maria Aparecida B. Gomes. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2003. 816p

STIEFF, M.; SCOPELITIS, S.; LIRA, M. E.; DESUTTER, D. Improving representational competence with concrete models. **Science Education**, v. 100, n. 2, p. 344–363, 2016.

STULL, A. T; GAINER, M. J.; HEGARTY, M. Learning by enacting: The role of embodiment in chemistry education. **Learning and Instruction**, p.1-13, 2017.

TEIXEIRA, C. Os cristais no ensino e divulgação da química. **Fundação Calouste Gulbenkian**, v. 25, p. 20-36, 2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267737078_C_Teixeira_Os_Cristais_no_Ensino_e_Divulgacao_da_Quimica_Coloquio_Ciencias_Fundacao_Calouste_Gulbenkian_25_20-36_2000. Acesso: 21 jan.2021.

TERRIBILI FILHO, A.; NERY, A. C. B. Ensino superior noturno no Brasil: história, atores e políticas. **Revista Brasileira de Política e Administração da Educação**, v. 25, n. 1, p. 61-81, 2009.

TOMA, H. E.; FERREIRA, A. M. C.; SERRA, O. A. Desenvolvimento da química inorgânica no Brasil. **Química Nova**, v. 25, n. 1, p. 66-73, 2002.

TORELLY, F. **Estrutura cristalina do gelo**: vestígios desta estrutura podem ser encontrados no estado líquido. Fundação CECIERJ, 2011. Disponível em <https://canal.cecierj.edu.br/recurso/7280>. Acesso em: 10 jun.2021

ULLMANN, R.; BOHNEN, A. **A Universidade**: das origens à Renascença. São Leopoldo: Editora Unisinos, 1994. 336 p.

VARGAS, H. M.; PAULA, M. F. C. A inclusão do estudante-trabalhador e do trabalhador-estudante na educação superior: desafio público a ser enfrentado. **Avaliação**, v. 18, n. 2, p. 459-85, 2013.

VERMEEREN, V.; WENMACKERS, S.; WAGNER, P.; MICHIELS, L. DNA Sensors with Diamond as a Promising Alternative Transducer Material. **Sensors**, v. 9, p. 5600-5636, 2009.

VIANA, G.D.; NEDOCHEKTO, A.P.F.S.; NEDOCHEKTO, P.E.S. A contribuição da construção de modelos no processo ensino-aprendizagem: Um caso prático. Congresso de Educação Profissional e Tecnológica (CONEPT), 4., 2018, Araraquara. **Anais...** Araraquara: IFSP,2018.

VIEIRA, W. E. S.; MELO, H. D. F.; VIANA, K. S. L. Estratégias didáticas no Ensino de Química: concepções e práticas do profissional da educação e suas relações com a aprendizagem de conceitos. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CONEDU), 5., 2018, Recife. **Anais Eletrônicos...** Campina Grande: Realize Editora, 2018. Disponível em <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/47334>. Acesso em 11 fev. 2021.

VILLAR, E. G.; WALTER, S. A.; BRAUM, L. M. D. S. Da estratégia clássica à estratégia como prática: Uma análise das concepções de estratégia e de estrategistas. **Revista Ibero-Americana de Estratégia**, v. 16, n. 1, p. 8-21, 2017.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1998. 90 p.

WASEDA, Y.; MATSUBARA, E.; SHINODA, K. **X-Ray diffraction crystallography: introduction, examples and solved problems**. Berlim: Springer, 2011. 310p.

APÊNDICE A - Ficha de Orientação



Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Química
Disciplina: Química Inorgânica L1 **Período: 2019.2**
Prof^a Ivoneide Barros

O Agrupamento de Átomos ou Íons nos Cristais

1. INTRODUÇÃO

A maioria dos compostos inorgânicos existe como sólidos, na forma de cristais. Pode-se considerar que o cristal é construído a partir de unidades estruturais que se repetem regularmente, os quais podem ser átomos, íons ou moléculas. A estrutura dos materiais sólidos é resultado da natureza de suas ligações químicas e, nos compostos metálicos ou iônicos, podem ser consideradas como agrupamento de átomos ou íons esféricos.

Neste trabalho será utilizada a esfera de isopor como unidade estrutural para estudar algumas das maneiras pelas quais os átomos podem ser agrupados para formar cristais metálicos típicos. Três tipos de agrupamentos serão investigados: compacto hexagonal, cúbico de face centrada (ou compacto cúbica) e cúbico de corpo centrado. Dessa forma, será possível observar o número dos vizinhos mais próximos (número de coordenação = NC) das partículas em cada uma dessas estruturas.

Além disso, serão investigadas algumas das possibilidades de agrupamento de esferas de diferentes raios em redes que representam cristais iônicos, sendo possível também observar como a razão dos raios dos cátions e dos ânions determina o número de coordenação, mediante a construção da rede do sal-gema, $Na^+Cl_{(s)}^-$, e da wurtzita, $Zn^{2+}X_{(s)}^{2-}$.

2. REQUISITOS DA ATIVIDADE:

- Questões prévias;
 - Realização da ATIVIDADE EXPERIMENTAL;
 - Trabalho escrito contendo introdução teórica sobre o tema e respostas das questões da ATIVIDADE EXPERIMENTAL;
 - Avaliação oral com apresentação das estruturas montadas e entrega do trabalho escrito.
- Data: 07/11/2019

3. ATIVIDADE EXPERIMENTAL

3.1.MATERIAIS

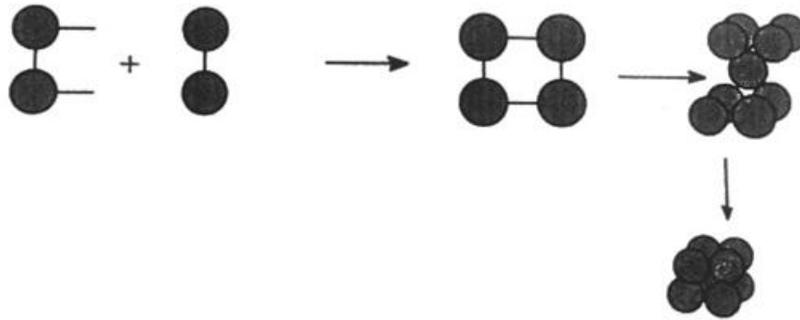
- 40 esferas de 50 mm;
- 15 esferas de 25 mm;
- 15 esferas de 20 mm;
- Palitos de dente ou arame.

3.2. AGRUPAMENTO CÚBICO DE CORPO CENTRADO

3.2.1. Procedimento

Para a construção da célula unitária cúbica de corpo centrado, deve-se usar cerca de 9 esferas de 50 mm de diâmetro e alguns palitos. Para tanto, siga as instruções da Figura 1.

Figura 1. Procedimento para a montagem do CCC.



Para a construção correta, atente para a distância entre as esferas do quadrado superior e inferior formado, onde deve-se conter 7 mm de distância, desta forma, não se tocam. A esfera central da célula unitária é tangenciada pelas 8 esferas dos vértices, onde estas fazem parte de 8 células unitárias, centradas em um cubo idêntico ao que constituíram. Imaginando esse tipo de estrutura, repetido nas três direções do espaço, e envolvendo um número muito grande de esferas, tem-se o modelo de um mono-cristal-perfeito de um sólido cristalino metálico. Esse sólido pode ser ferro (alfa), cromo, um metal alcalino e entre outros.

Questões:

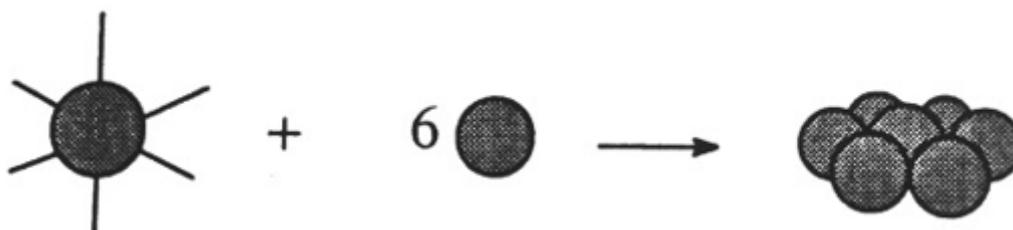
- 1) Para a construção desta célula são necessárias apenas duas esferas. Explique.
- 2) Para um mesmo plano, pode-se colocar ao redor de uma esfera no máximo 6 outras esferas. Ao redor da esfera CCC quantas podem ser colocadas no mesmo plano?

3.3. AGRUPAMENTO MAIS COMPACTO HEXAGONAL

3.3.1. Procedimento

Para a construção da célula unitária hexagonal compacta, serão necessárias 15 esferas de 50 mm de diâmetro juntamente com alguns palitos. Verifique o esquema de montagem na Figura 2.

Figure 2. Procedimento para a montagem da camada da HC.



A esfera central deve ser tangenciada por outras 6 esferas, no máximo, sendo todas no mesmo plano. Com esse tipo de arranjo podem ser construídos planos compactos com um número muito grande de esferas – planos reticulares dos quais os “hexágonos” mostrados na Figura 2 são partes representativas.

Para células unitárias hexagonais ainda mais compactas pode-se adicionar um conjunto de 3 esferas, Figura 3, sobre e abaixo do modelo representado anteriormente (Figura 4).

Figure 3. Procedimento para a montagem das camadas da HC.

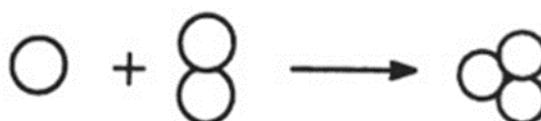
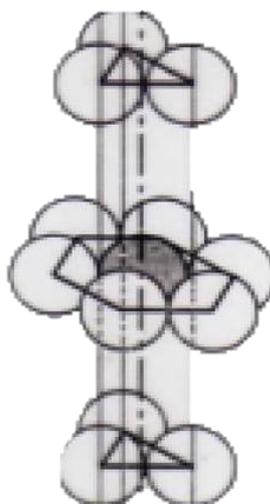


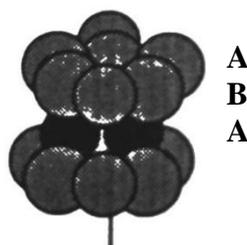
Figura 4. Célula Hexagonal Compacta.



Questões:

Construa dois “hexágonos” e um “triângulo”, montando igualmente a Figura 4. Responda as questões a seguir:

Figure 4. Procedimento de montagem do HC.



1) A superposição dos “triângulos” e “hexágonos” podem ocorrer de duas formas distintas, entretanto uma delas é mais compacta. Monte e descreva qual delas é mais compacta e exemplifique.

2) Ao montar a célula citada anteriormente, verifique que o segundo “hexágono” pode ocupar sobre o “triângulo” duas posições de empilhamento. Na Figura 4, o primeiro “hexágono” é chamado de A, seguido um “triângulo” intitulado de B e sobposto a ele, outro “hexágono” A. Seguindo esta ordem, qual deve ser a quarta camada de esferas?

3) Nos retículos cristalinos podem ser encontrados alguns defeitos como a falta de uma esfera na posição correta (lacuna) e a presença de uma esfera fora da posição correta forçando a estrutura (intersticial). Estes defeitos podem ser causados por *esferas estranhas* com diâmetros muito distintos. Para isso, as esferas adicionadas devem possuir diâmetro bem menores assim evitando possíveis defeitos no retículo cristalino. Desta maneira, qual deve ser, no máximo, o diâmetro para que o cátion caiba no vão octaédrico?

4) Um retículo cristalino preservado com uma ou mais esferas diferentes, representa uma solução sólida. Sabendo que existem dois tipos, descreva e em qual delas a solubilidade é forçosamente limitada.

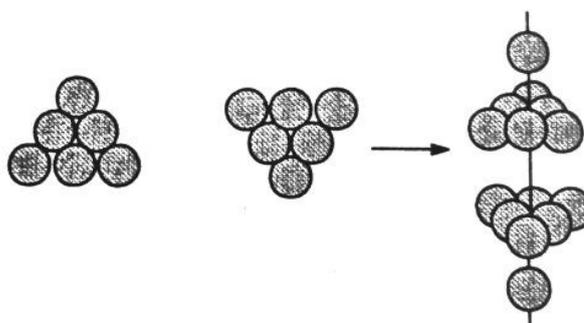
5) O empilhamento compacto perfeito é do tipo ABA para célula unitária hexagonal, onde para construir este tipo de célula seriam necessárias apenas 6 esferas. Explique e cite exemplos de espécies que possuem este tipo de empacotamento.

3.4. AGRUPAMENTO CÚBICO DE FACE CENTRADA

3.4.1. PROCEDIMENTO

Para a montagem da célula unitária cúbica de face centrada, deve-se utilizar 14 esferas de 50 mm e alguns palitos.

Figure 5. Procedimento de montagem da CFC.



Na montagem, deve-se sobrepor um “triângulo” sobre o outro de forma simétrica e compacta. Opte por prender o conjunto com um palito ou elástico. No vão central do triângulo superior, prenda com palito uma das esferas e uma outra no vão central do triângulo inferior. Observe que desta maneira foi construído um cubo com uma esfera no centro de cada face. A estrutura cúbica de faces centradas é adotada por vários elementos, incluindo Ni, Cu, Pd, Ag, Au e Pt.

3.5. RETÍCULOS IÔNICOS QUE APRESENTAM ARRANJO HEXAGONAL COMPACTO DE ÂNIONS

3.5.1. Procedimento

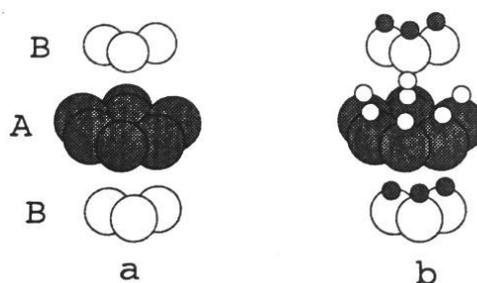
Para a representação das células unitárias dos retículos iônicos com arranjo compacto de ânions, serão necessários esferas de 20 mm de diâmetro para representar os cátions, onde deverão ser colocados nos vãos encontrados nos octaédricos (Figura 6). Este tipo de célula unitária é característica de espécies químicas como, NiS, FeS e NiAs.

Questões:

1) Considerando uma célula unitária HC com ânions Γ , onde irá adicionar cátions Zn^{2+} para formar ZnI_2 . Sabendo que os cátions devem ocupar os vãos octaédricos, quantos vãos serão ocupados? Utilizando as esferas de 20 mm, construa o modelo da célula unitária ZnI_2 . A estrutura formada é observada para um grande número de compostos iônicos.

2) Para o estudo de retículos iônicos com arranjo hexagonal compacto dos ânions, onde os vãos tetraédricos são ocupados por cátions, emprega-se um outro modelo equivalente mais conveniente. Esse modelo é formado por um “triângulo” ao qual se superpõe de forma compacta um “hexágono” e um outro “triângulo” obedecendo a ordem BAB. Monte o modelo (Figura 6).

Figura 1. Estrutura da Wurtzita (ZnS).



Neste tipo de empilhamento tem-se 6 vãos tetraédricos, sendo nestes onde são encaixados os cátions (esferas menores). No exemplo do ZnS , os cátions Zn^{2+} encaixam-se nos vãos formados pelos ânions S^{2-} , formando uma estrutura cristalina na qual é chamada de wurtzita. Essa estrutura chamada “wurtzita” é encontrada também no CdS , ZnO e BeO .

3) Uma célula unitária HC é composta por ânions S^{2-} , onde para formar o CoS é necessário o preenchimento dos vãos (interstícios) octaédricos com cátions Co^{2+} . Na formação do CoS informe quantos interstícios octaédricos dessa célula unitária deverão ser ocupados?

3.6. RETÍCULO IÔNICO DO CLORETO DE SÓDIO (NaCl)

Nos cristais iônicos tem-se uma rede cristalina formada por cátions e ânions alternando-se. se formam dispondo íons positivos e negativos alternadamente numa rede cristalina. Apresentando íons com diâmetro de 1,90 Å.

3.6.1. Procedimento

No modelo de CFC, usa-se para montagem esferas de 5 cm, na qual representará os íons cloreto no arranjo cúbico de face centrada. Para representação dos cátions (Na^+), deve-se introduzir as 13 esferas de 2,5 cm nos espaços entre os íons cloreto em cada camada. Pode-se observar que a rede Na^+Cl^- é um conjunto de cubos de faces centradas que se interpenetram – um grupo compreendendo o Na^+ e outro o Cl^- .

Questões:

- 1) Qual número de coordenação do Na^+ e Cl^- ? Verifique na estrutura formada.
- 2) Para obtenção de redes CFC é preciso haver uma relação favorável entre os raios relativos dos íons para que ocorra a entrada dos cátions nos vãos formados pelos ânions. Considerando a afirmação, qual é a razão radial entre os íons Na^+ e Cl^- ? Pode-se explicar a estabilidade dos compostos que possuem esse agrupamento baseado em forças interiônicas?

4. QUESTÕES POSTERIORES

- 1) Desenhe as células unitárias dos três sistemas cristalinos estudados nesta atividade.
- 2) Determine o número de bolas pertencentes a cada um deles.
- 3) LiH cristaliza-se na mesma estrutura cristalina que o NaCl. A aresta da célula unitária cúbica do LiH mede 4,08 Å. Assumindo um contato ânion-ânion, calcule o raio iônico do H^- .
- 4) Uma célula unitária cúbica contém íons I^- nos vértices e um íon césio no centro. Qual é a fórmula do composto?
- 5) Desenhe as formas simples que representam cada um dos sete sistemas cristalinos básicos.
- 6) Que partículas constituem as células unitárias dos sólidos: moleculares, covalentes, iônicos e metálicos?
- 7) O espaço livre entre as esferas num cristal pode ser encontrado subtraindo o volume da célula unitária pelo volume das esferas. Calcule a % de espaço livre nos três sistemas cúbicos. Em qual desses sistemas o grau de compactação é maior?
- 8) Uma forma de tungstênio cristaliza-se numa célula cúbica de corpo centrado. Se a aresta da célula unitária mede 3,165 Å, qual é o raio atômico do tungstênio?
- 9) Prata cristaliza-se numa célula cúbica de face centrada.
 - a) Se a aresta da célula unitária mede 4,0862 Å, qual é o raio atômico da prata?
 - b) Calcule a densidade da prata.
- 10) Verifique que se fossem contadas as esferas que realmente pertencem às células unitárias cúbica simples, cúbica de corpo centrado (CCC) e cúbica de face centrada (CFC) bastariam 1, 2 e 4 respectivamente:

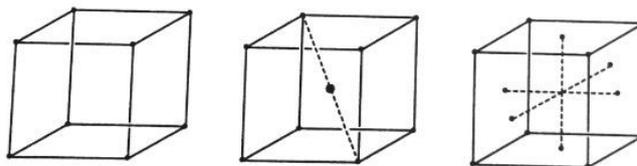


Figura 2. Estruturas, respectivamente da esquerda para a direita, cúbica simples, cúbica de corpo centrado e cúbica de face centrada.

- 11) O que é uma célula unitária? Desenhe uma célula unitária e mostre as dimensões a , b e c , e os ângulos α , β e γ . Como diferem os sistemas cúbico, tetragonal e hexagonal?
- 12) Quantas esferas estão ao redor da esfera central na célula unitária cúbica de corpo centrado?
- 13) Qual é a estrutura do ferro α e do cromo?
- 14) Diferencie entre os cristais metálicos, iônicos e covalentes. Inclua uma discussão sobre as ligas metálicas.
- 15) Classifique os elementos metálicos da tabela periódica de acordo com suas estruturas (a 298 K). Comente as estruturas diferentes das estudadas nessa atividade que alguns poucos metais adotam.

ANEXO A- Aulas ministradas pelo estudante de estágio à docência

Aula 01- Estrutura Cristalina

https://docs.google.com/presentation/d/1nIV8UY4tganw_JfgbDfBZa_jiAtIYWj/edit?usp=sharing&ouid=113557073825374539518&rtpof=true&sd=true

Aula 02- Sólidos Metálicos

https://docs.google.com/presentation/d/1y1Y3l9JibJ4AOW-6b_OFec8jm2pmPCbi/edit?usp=sharing&ouid=113557073825374539518&rtpof=true&sd=true