UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO E ENSINO DE CIÊNCIAS NA AMAZÔNIA

AMAURI RODRIGUES DE CARVALHO

ENSINO DE ESTEROQUÍMICA BASEADO EM MODELAGEM: INCLUSÃO DE ALUNOS COM A UTILIZAÇÃO DE SEMENTES AMAZÔNICAS

Belém – PA
2024

AMAURI RODRIGUES DE CARVALHO

ENSINO DE ESTEROQUÍMICA BASEADO EM MODELAGEM: INCLUSÃO DE ALUNOS COM A UTILIZAÇÃO DE SEMENTES AMAZÔNICAS

Dissertação de mestrado e Produto Educacional apresentados ao Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do Estado do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação e Ensino de Ciências, sob orientação Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza.

Área de concentração: Ensino, Aprendizagem e Formação de professores de Ciências na Amazônia.

Linha de pesquisa: Estratégias educativas para o ensino de Ciências Naturais na Amazônia.

Belém – PA
2024

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) de acordo com o ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade do Estado do Pará
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C331e Carvalho, Amauri Rodrigues de

Ensino de esteroquímica baseado em modelagem: inclusão de alunos com a utilização de sementes
Amazônicas / Amauri Rodrigues de Carvalho. — Belém, 2024.
69f. : il.; color.

Orientador: Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza
Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia) - Universidade do Estado do Pará, Campus I - Centro de Ciências Sociais e Educação (CCSE), 2024.

1. Ensino de química. 2. Estereoquímica. 3. Modelagem. 4. Estratégia didática. I. Título.

CDD 22.ed. 540

AMAURI RODRIGUES DE CARVALHO

ENSINO DE ESTEROQUÍMICA BASEADO EM MODELAGEM: INCLUSÃO DE ALUNOS COM A UTILIZAÇÃO DE SEMENTES AMAZÔNICAS

Dissertação de mestrado e Produto Educacional apresentados ao Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do Estado do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação e Ensino de Ciências, sob orientação Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza.

Área de concentração: Ensino, Aprendizagem e Formação de Professores de Ciências na Amazônia.

Linha de pesquisa: Estratégias educativas para o ensino de Ciências Naturais na Amazônia.

BANCA EXAMINADORA

Data da Aprovação: 25/09/2024 às 11:30h

_____

Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza.
Orientador – Universidade do Estado do Pará - UEPA
Programa de Pós- graduação em Educação e Ensino de Ciências - PPGEECA

_____

Profa. Dra. Luciana de Nazaré Farias
Membro Interno – Universidade do Estado do Pará - UEPA
Programa de Pós- graduação em Educação e Ensino de Ciências - PPGEECA

_____

Profa. Dra. Janes Kened Rodrigues dos Santos
Membro Externo – Universidade Federal do Pará - UFPA
Faculdade de Química/Seção Ensino de Química- *Campus* Ananindeua

Belém – PA
2024

DEDICATÓRIA

A meus Pais Jurandir Elias de Carvalho (in memorian) e Juracina Rodrigues Carvalho (in memorian), que me proporcionaram a vida, e meios para estudar.

AGRADECIMENTOS

A meus Pais Jurandir Elias de Carvalho (in memorian) e Juracina Rodrigues Carvalho (in memorian), que incentivaram a mim e meus irmãos, e quem mais os conheceram, a buscar por meio do conhecimento, o crescimento pessoal.

A meu Filho Heitor Coelho de Carvalho que me cedeu o tempo que eu deveria ter com ele, para ser usado nesta aventura que é a vida acadêmica, em busca de conhecimento.

Aos meus Irmãos Sesostris e Jamille, ao meu Tio Cisino, Tia Elísia, Tia Lúcia, minha prima Gislaine, meu Primo Franklin, a mãe do meu filho Hélida, que sempre disponibilizaram companheirismo, abrigo e segurança enquanto estudava, e na busca de novos horizontes.

Ao meu orientador Dr. Ronilson Freitas de Souza, por brilhantes orientações e paciência em esperar meu tempo de compreender e produzir. Aproveito e estendo os agradecimentos ao Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA), e todos que fazem esse programa funcionar.

A todos os amigos de vida e aos meus colegas da turma 2022 do PPGEECA, que em algum momento dessa jornada deram uma palavra de incentivo e ajuda naquilo que era necessário para chegar até aqui, e findar esta etapa da minha vida.

A todos os Estudantes e Professores que participaram da pesquisa que gerou esta dissertação.

MEMORIAL DE FORMAÇÃO

Minha trajetória escolar se deu no interior do Estado do Pará, sendo o 1º grau realizado no município de São Miguel do Guamá e o 2º grau no município de Castanhal. Nesta última etapa se deu na Escola Estadual de Ensino Médio Lameira Bittencourt, onde estudei no formato de divisão de área de afinidade, no intitulado Ciências Biológicas (CB), pois meu intuito inicial era seguir para um curso de medicina, o que explicava a necessidade de uma carga horária maior de estudos em biologia, física e química.

Apesar de ser um estudante muito aplicado e focado, ao prestar dois vestibulares em 1999 para a Universidade Federal do Pará (UFPA) e outro para a Universidade do Estado do Pará (UEPA), não obtive êxito. No entanto no mesmo ano surgiu a oportunidade de um processo seletivo fora de época para ocupar vagas no *Campus* XI da Universidade do Estado do Pará (UEPA), ocorrido em junho de 1999. Na ocasião só existiam duas opções de cursos de Licenciatura, Matemática ou Ciências, e incentivado por minha saudosa mãe me inscrevi para o curso de Licenciatura Plena em Ciências Naturais, logrando êxito.

Hoje, enxergo que nada é por acaso, foi uma decisão acertada, pois foi lá que descobri uma paixão: a maravilhosa Química. Era um sentimento tão forte tanto que concluí o curso em junho de 2003, com Habilitação em Química que foi oferecida pela UEPA como apostilado ao fim da graduação, profissão que abracei e sigo nela até hoje.

Ensinar Química é minha paixão. Trabalhar com ensino de química é óbvio para mim, pois desde o ensino médio tenho facilidade de compreender e aplicar seus conceitos. Todavia, como professor reconheço que não é um componente curricular fácil de ser entendido, especialmente quando não se pode ver o que acontece no íntimo da matéria. Minhas experiências profissionais vão do ensino fundamental (anos finais) até a graduação. Os desafios ano após ano continuam, nunca os mesmos, mas sempre desafiadores.

A princípio iniciei minha carreira, no ano de 2002, como professor em curso pré-vestibular (Sistema de Ensino Incentivo) na cidade de São Miguel do Guamá, no mesmo ano participei da fundação do Ensino Médio do Externato Santo Antônio Maria Zacarias, escola administrada pela Congregação das Irmãs do Preciosíssimo Sangue, também em São Miguel do Guamá. Logo ao ano de 2003, através de contrato temporário, exerci a função de professor de Química no Ensino Médio e Técnico na Escola Estadual Frei Miguel de Bulhões, atendendo as modalidades de curso regular e técnico em magistério, onde ocorreu o meu primeiro contato com alunos com deficiência ou neuroatípicas, cegos e surdos. Aqui confesso que não sabia como lidar com tal desafio, mas sentia um incomodo enorme em não ter recursos para atendê-los.

Em 2005, através de concurso público ao Governo do Estado do Amapá, fui aprovado ao cargo de Professor de Química, o qual tomei posse em 23 de fevereiro de 2006, início de uma jornada que executo até os dias atuais com ensino de química no ensino médio público no estado do Amapá, com alguns desafios atendo alunos com deficiência intelectual (DI), deficiência visual (DV) e deficiência auditiva (DA). Durante estes anos aqui no estado do Amapá, sempre exerci minha profissão, também em escolas privadas e cursos pré-enem, atendendo do 9º ano do ensino fundamental até as séries do ensino médio. Nessas instituições a presença e o apoio para alunos com deficiência ou neuroatípicos são presentes, com auxílio de profissionais especializados. No biênio 2016 a 2018, estive como professor temporário da Universidade do Estado do Amapá

(UEAP), vinculado ao colegiado do curso de Licenciatura em Química, mas atuando em disciplinas em cursos de Engenharias (Química, Florestal, Ambiental e de Produção) e Licenciatura em Ciências, onde percebi a oferta da disciplina de Língua Brasileira de Sinais (LIBRA) aos cursos de Licenciaturas, mas nenhuma formação ao atendimento de outras especificidades, como as necessidades de ensino e aprendizagem para alunos cegos.

Chegar ao curso de Mestrado se tornou uma latência em minha vida, quando fui aprovado em processo seletivo simplificado para professor temporário na Universidade do Estado do Amapá (UEAP), pois saí de minha zona de conforto após 16 anos de sala de aula no ensino básico. Tive que enfrentar novos desafios, a formação de professores de química, já que o colegiado a qual fiquei vinculado era o de Licenciatura Plena em Química. Um deles foi a minha necessidade de atualização e aprofundamento teórico para desenvolver um trabalho com excelência na Universidade.

Nesta direção, participei e tive aprovação no processo seletivo do Programa de Pós-graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA/UEPA), na modalidade de Mestrado Profissional. Este Programa de Pós-Graduação inicialmente chamou minha atenção pelo nome, mais especialmente quando verifiquei seus objetivos, em contribuir para o desenvolvimento da prática docente, com contribuições que vão da formação docente a construção de estratégias de ensino para Professores que vivem a realidade de ensinar Ciências na Amazônia, que é cheia de peculiaridades que em muitos momentos trazem dificuldades ao processo de ensino e de aprendizagem. Portanto, me empenhei propor um projeto que resultasse em um produto/processo educacional, o qual facilitasse a prática de professores em sala de aula com a necessidade de ensinar a alunos com deficiência visual, na linha de Estratégias Educativas para o Ensino de Ciências.

A imersão no curso já modificou minha trajetória de Professor, pois fez eu ver o processo de pesquisa educacional como uma porta para novas práticas inovadoras, repensar a minha prática docente, além de me instigar a melhorar e buscar a cada dia aproximar da excelência em ensinar e mediar o conhecimento ao próximo. Ademais, o acesso a Pesquisadores que entendem das peculiaridades da Amazônia, não só me faz lembrar onde estou, mas que é necessário olhar para dentro da nossa região e ajudar nos problemas que nos cercam, quanto ao ensino e a aprendizagem de ciências.

Por conseguinte, meu regresso como estudante, agora em nível de pós-graduação, construiu possibilidades concretas, através da proposição de material didático como ferramenta de ensino, com o intuito de ajudar meus alunos e colegas professores de Química. Além do mais, o PPGEECA me oportunizou novas perspectivas teóricas e metodológicas, que até adentrar ao programa não conhecia, direcionando-me para o aporte teórico necessário a construção e execução de um projeto de pesquisa.

Os norteadores para um ensino inclusivo partindo de propostas de autores como Gérson Mol, com suas ideias de práticas inclusivas no ensino de Ciências, além de Maria Mantoan, que destaca a necessidade de ser arrojado e intenso na implementação de uma educação inclusiva, demonstrando as dificuldades sistêmicas impostas a essa prática de ensino. Alinhando a essa proposta, foi imperativo conhecer o ensino baseado em modelagem de Rosária Justi, um método que trabalha a concepção, construção e aplicação de modelos como meio para interpretar e entender fenômenos da Química, além de outros componentes das Ciências Naturais. Entre vários autores da Química Orgânica, fui apresentado a David Klein, que oferece uma reflexão

sobre o ensino da Química, através dos exercícios vinculados a problemas que explorem o significado e a aplicação dos conceitos químicos.

Todo o exposto fazendo sentido dentro das ideias de sociointeracionista de Vygotsky, pois não há aprendizado sem trocas de experiências e essas trocas devem ser mediadas por alguém, que possui essa competência, ajudando no desenvolvimento de habilidades de pessoas que necessitam de conhecimento para se tornarem críticas de suas realidades.

Assim, como pesquisar o ensino e a aprendizagem de Química no ensino médio é uma das prerrogativas de minha pesquisa, espero diminuir a distância entre o saber ensinado e o saber aprendido para alunos normovisuais e com deficiência visual, com intuito de entregar uma ferramenta que auxilie na mitigação das dificuldades de aprendizagem no componente curricular de Química.

RESUMO

CARVALHO, Amauri Rodrigues de. **Ensino de estereoquímica baseado em modelagem: inclusão de alunos com a utilização de sementes amazônicas**. 2024. 69f. Dissertação (Mestrado em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia), Universidade do Estado do Pará, Belém, 2024.

A pesquisa foi desenvolvida para contribuir de forma inclusiva com o ensino e a aprendizagem de estereoquímica, integrando tanto alunos normovisuais quanto aqueles com deficiências visuais no mesmo ambiente de sala de aula. Baseada na premissa do sociointeracionismo de Vygotsky e utilizando modelagem 3D, a abordagem considera a dificuldade de compreensão da isomeria espacial devido ao forte apelo visual desse objeto de conhecimento da química orgânica, impactando igualmente estudantes normovisuais e com deficiências visuais. O objetivo central desta pesquisa é, portanto, desenvolver competências teóricas, conceituais e contextuais sobre química orgânica com ênfase nos objetos de conhecimento da isomeria espacial a partir da aplicação de sequência didática fundamentada no ensino baseado em modelagem, conforme preconizado por Justi, adaptada para um ensino de química inclusivo, na concepção de Mól. Para tanto, foi realizada uma pesquisa qualitativa por meio de estudo de caso, utilizando entrevista semiestruturada e observação participante, referenciada por Yin. Após a aplicação de sequência didática com ensino baseado em modelagem, os dados coletados foram analisados qualitativamente. O estudo inclui a perspectiva do professor regente, que já havia trabalhado no ano letivo anterior com o aluno cego participante da pesquisa, com intuito de avaliação prévia do método a ser utilizado, bem como verificação da possível efetividade do artefato 3D desenvolvido com sementes amazônicas, como açaí, bacaba e tucumã, com suporte de hastes de madeira polida. Os resultados demonstram o potencial da proposta didática, em contribuir para o processo de ensino e aprendizagem relacionados à Estereoquímica, favorecidos através das trocas e interações com os materiais adaptados, possibilitando que o aluno com deficiência visual conseguisse compreender os conceitos envolvidos nas representações das moléculas com isomeria. O Produto Educacional (PE), elaborado a partir desta pesquisa, na sua versão preliminar foi avaliado pelo professor regente da turma e pelo professor do Atendimento Educacional Especializado, por meio de entrevistas. Após testagem e avaliação com os estudantes normovisuais e o com deficiência visual, foi produzido a versão final. Durante a aplicação da sequência didática que compõe o PE em ambiente real de sala de aula, foi observado um progresso significativo na compreensão dos conceitos relacionados a Estereoisomeria. Houve uma redução notável nos índices de respostas erradas e sem respostas aos problemas propostos durante as aulas. Ressalta-se também que ocorreu adequada internalização dos objetos de conhecimento, expressa pelos resultados do pós-teste que mostraram percentual de desenvolvimento superior a 70% de acertos das questões propostas. Após a finalização do PE, ele foi submetido a avaliação por especialistas com propósito de avaliação de aspectos referentes a sua usabilidade. Houve concordância mínima de 90% nos itens referentes aos eixos: estética e organização; capítulos; estilo de escrita; conteúdo; criticidade e criatividade apresentados no material educativo. Os resultados revelam que o PE atende o objetivo proposto e pode ser útil ao público para o qual se destina, pois avança na possibilidade de promover aulas de Isomeria mais inclusivas aos alunos com deficiência visual.

Palavras-chave: Produto Educacional. Ensino de química. Inclusão no Ensino. Estereoquímica. Modelagem. Estratégia didática.

ABSTRACT

CARVALHO, Amauri Rodrigues de. Teaching of stereochemistry based on modeling: inclusion of students with the use of Amazonian seeds. 2024. 69f. Dissertation (Master's Degree in Education and Science Teaching in the Amazon), State University of Pará, Belém, 2024.

The research was developed to contribute in an inclusive way to the teaching and learning of stereochemistry, integrating both visually impaired and visually impaired students in the same classroom environment. Based on the premise of Vygotsky's sociointeractionism and using 3D modeling, the approach considers the difficulty of understanding spatial isomerism due to the strong visual appeal of this object of knowledge in organic chemistry, equally impacting normovisual students and those with visual impairments. The central objective of this research is, therefore, to develop theoretical, conceptual and contextual competencies on organic chemistry with emphasis on the objects of knowledge of spatial isomerism from the application of didactic sequence based on teaching based on modeling, as recommended by Justi, adapted to an inclusive chemistry teaching, in Mól's conception. To this end, a qualitative research was carried out through a case study, using semi-structured interviews and participant observation, referenced by Yin. After the application of a didactic sequence with modeling-based teaching, the collected data were analyzed qualitatively. The study includes the perspective of the head teacher, who had already worked in the previous school year with the blind student participating in the research, in order to previously evaluate the method to be used, as well as to verify the possible effectiveness of the 3D artifact developed with Amazonian seeds, such as açaí, bacaba and tucumã, with the support of polished wood rods. The results demonstrate the potential of the didactic proposal to contribute to the teaching and learning process related to Stereochemistry, favored through exchanges and interactions with the adapted materials, enabling the visually impaired student to understand the concepts involved in the representations of molecules with isomerism. The Educational Product (EP), elaborated from this research, in its preliminary version, was evaluated by the class teacher and by the teacher of the Specialized Educational Service, through interviews. After testing and evaluation with the visually impaired and visually impaired students, the final version was produced. During the application of the didactic sequence that makes up the EP in a real classroom environment, significant progress was observed in the understanding of concepts related to Stereoisomerism. There was a notable reduction in the rates of wrong answers and no answers to the problems proposed during classes. It is also noteworthy that there was adequate internalization of the objects of knowledge, expressed by the results of the post-test, which showed a percentage of development higher than 70% of correct answers to the proposed questions. After the completion of the EP, it was submitted to evaluation by experts for the purpose of evaluating aspects related to its usability. There was a minimum agreement of 90% in the items referring to the axes: aesthetics and organization; Chapters; writing style; content; criticality and creativity presented in the educational material. The results reveal that the EP meets the proposed objective and can be useful to the public for which it is intended, as it advances the possibility of promoting more inclusive Isomeria classes for students with visual impairment.

Keywords: Educational Product. Chemistry teaching. Inclusion in Education. Stereochemistry. Modelling. Didactic strategy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Estágios no ‘Modelo de Modelagem’ 21
Figura 2: Fórmulas estruturais dos isômeros do C_2H_6O 23
Figura 3: Fórmulas estruturais dos isômeros do $C_2H_4O_2$ 23
Figura 4: Fórmulas 3D dos isômeros do $C_2H_4O_2$ 24
Figura 5: Fórmulas estruturais dos isômeros do C_2H_5OCl 24
Figura 6: Fórmulas 3D dos isômeros do C_2H_5OCl 24
Figura 7: Imagem recortada do PE de Rockenbach 26
Figura 8: Exemplo de enantiômeros 27
Figura 9: Fragmento da página de livro 28
Quadro 1: Resumo das etapas da pesquisa realizada 34
Quadro 2: Etapas da SD com base no ‘Modelo de Modelagem’ 36
Quadro 3: Entrevista com o Professor Regente 40
Figura 10: Sala de aula da turma 3201 42
Figura 11: Instrumentos de apoio 43
Figura 12: Confecção do artefato (perfuração) 44
Quadro 4: Ficha de avaliação de aula 44
Quadro 5: Ficha de avaliação do modelo 3D 45
Figura 13: Modelo 1 46
Figura 14: Modelo 2 46
Quadro 6: Questões para entrevista com o Professor Regente 47
Quadro 7: Questões para entrevista com o Professor do AEE 49
Gráfico 1: Entrevistas de sondagem 51
Gráfico 2: Problemas da aula 3 53
Gráfico 3: Problemas da aula 4 54
Gráfico 4: Problemas da aula 5 55
Gráfico 5: Índices de concordância da validação do PE 57
Quadro 8: Resposta do formulário para avaliação do guia didático 57
Figura 15: Imagens do PE na sua versão final 59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D – Duas dimensões

3D – Três dimensões

AEE – Atendimento Educacional Especializado

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

CNT – Ciências da Natureza e suas Tecnologias

DV – Deficientes Visuais

EBM – Ensino Baseado por Modelagem

IUPAC – União Internacional para a Química Pura e Aplicada

MA – Metodologia Ativa

NV – Normovisuais

PE – Produto/Processo Educacional

PEE – Plano Estadual de Educação

PPGEECA – Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia

PROFQUI – Programa de Mestrado Profissional em Química

SD – Sequência Didática

TALE – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TCUD – Termo de Consentimento de Uso e Tratamento de Dados

UEPA – Universidade do Estado do Pará

ZDP – Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12

2 REFERENCIAL TEÓRICO 15

2.1 ENSINO DE QUÍMICA INCLUSIVO PARA ALUNOS COM DEFICIENCIAS VISUAIS 15

2.2 ENSINO DE QUÍMICA POR MODELAGEM 19

2.3 ENSINO DE ISOMERIA 22

2.4 SOCIOINTERACIONISMO DE VYGOTSKY NO ENSINO DE QUÍMICA 29

3 PROCEDIMENTOS METOLÓGICOS 32

3.1 TIPO DE PESQUISA 32

3.2 LÓCUS E PARTICIPANTES DA PESQUISA 32

3.3 CONDUÇÃO DA PESQUISA 33

3.3.1 QUESTÕES ÉTICAS E LEGAIS DA PESQUISA 33

3.3.2 PERCURSO DE CONCEPÇÃO E AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL (PE) 34

3.3.3 PESQUISA EXPLORATÓRIA 35

3.3.4 PROTOTIPAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL 35

3.3.5 TESTAGEM EM AMBIENTE DE SALA DE AULA 36

3.3.6 AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL 37

3.3.7 ANÁLISE DE DADOS 37

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 39

4.1 BASES DA PESQUISA 39

4.2 ANÁLISE DA PESQUISA EXPLORATÓRIA 40

4.3 PROTOTIPAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL 42

4.4 TESTAGEM EM AMBIENTE DE SALA DE AULA 51

5 PRODUTO EDUCACIONAL 56

5.1 AVALIAÇÃO POR PAINEL DE ESPECIALISTAS 56

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 60

REFERÊNCIAS 61

ANEXO A 64

ANEXO B 66

ANEXO C 67

ANEXO D 68

ANEXO E 69

1 INTRODUÇÃO

O ato de ensinar Química para alunos do ensino médio não é tarefa fácil, pois a componente curricular da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias[1] (CNT), exige uma complexidade no letramento científico, sobretudo em função dos modelos representacionais que são projeções abstratas da matéria não visível naturalmente, principalmente, tratando-se de partículas não detectáveis pela visão, especialmente, ao que se refere a suas unidades elementares como: átomos, íons, moléculas, por exemplo.

Atrelado a isso, temos o ensino e a aprendizagem de objetos de conhecimento da química, que é uma ciência necessária à vida, pois explica e está presente em diversos fenômenos naturais e inovações tecnológicas, somente possíveis devido ao desenvolvimento dessa ciência. De acordo com Johnstone (1993), o professor de química trabalha com triangulação entre conceito (submicro), fenômeno (macro) e simbolismo (representacional), no qual requer linguagem própria e com certa dificuldade de compreensão para um leigo. Essa relação entre teorias, leis e os fenômenos observáveis da química, sejam macroscópicos e os microscópicos é elucidada por meio de modelos, códigos e símbolos, que emerge forte caráter visual (Mortimer *et al*, 2000; Pozo, Gomes, Crespo, 2009).

A aprendizagem de conceitos e fenômenos quanto o nível microscópico e submicroscópico da química, demanda uma representação concreta e, para isso, pode-se usar modelos táteis em três dimensões (3D), pois quando há a construção e a manipulação na confecção dos modelos, isso leva a um desempenho de várias funções epistêmicas, bem como funcionam como artefatos[2] externos para auxiliar a construção do pensamento (Gilbert, Justi, 2016).

Quando se pensa em comportamentos espaciais de moléculas, como na química orgânica com o objeto de conhecimento isomeria espacial, ou estereoquímica, é necessária uma atenção maior, pois a predição da espacialidade requer do estudante uma série de outros representacionais, como conhecimento de sólidos geométricos, comportamentos físicos de

[1] A partir da BNCC, proposta em 2018, para o Ensino Médio é preconizado o ensino baseado e competências específicas de área de conhecimento, com construção de habilidades, com ensino articulado entre biologia, física e química, agora chamados de componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Brasil, 2018).

[2] Ferramentas didáticas inovadoras que auxiliam no processo de ensino-aprendizagem.

forças atrativas e repulsivas, e compreender as barreiras químicas impeditivas como a presença de ligações químicas sigmas e pí.

Dessa forma, na química é comum imaginar o comportamento espacial de moléculas orgânicas, que podem ser representadas de várias maneiras, dependendo da necessidade de explicar ou interpretar seu comportamento em termos de propriedades químicas, a exemplo da estereoquímica, a qual é o estudo dos isômeros[3] espaciais, que apresentam, portanto, mesma fórmula molecular, mesma conectividade, mas seus grupos se arranjam de formas diferentes no espaço tridimensional (Silva *et al*, 2018), fenômeno presente em compostos químicos farmacêuticos e alimentícios, onde a mínima diferença de ângulos, ou posição, de ligações ou grupamentos atômicos, podem determinar mudanças significativas na finalidade da substância.

Portanto, há um obstáculo a ser superado, uma vez que a habilidade de compreender isomeria está diretamente ligada à acuidade visual, todavia não se deve diminuir as oportunidades de acesso ao ensino, nem a aprendizagem, do estudante com esse tipo de deficiência. Logo, criar meios que o incluam é uma premissa de quem, ou do que, proporciona o ensino ao estudante com deficiência visual (DV), é de fato um compromisso social, considerando que Mól (2019) relata o ensino inclusivo como uma tarefa do professor de sala de aula, atuante no ensino de ciências, que deve viabilizar estratégias apropriadas para que todos acessem o conhecimento científico.

Com base nessas constatações, surge a necessidade de conceber e adotar metodologias ativas[4], ou outras metodologias inovadoras, que favoreçam processos de ensino e aprendizagem mais significativos e, ao mesmo tempo, seja possível refletir analiticamente sobre elas. Inclusive, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018) em suas competências gerais, aborda a necessidade de se ensinar de forma significativa, ativa e inclusiva, atentando aos saberes oriundos dos próprios atores do aprendizado, e mediando meios com linguagens diversas para que o conhecimento seja de fato significativo na vida do estudante.

Um outro aspecto a ser valorizado na área de educação em química, está pautado no olhar sobre a educação inclusiva onde todos devem ter acesso às informações no mesmo

---

[3] É a propriedade de compostos com a mesma fórmula molecular existirem como compostos diferentes (Silva et al, 2018, p.103)

[4] Concepção educativa que estimula professores e estudantes a adotarem posturas ativas diante dos processos de ensino e aprendizagem a partir de experiências que desafiam dialogicamente o conhecimento por meio de descobertas aplicáveis a realidade. (Santos, 2019).

ambiente de ensino e aprendizagem. Segundo Mantoan (2003) um ensino universalizado é aquele onde todos os estudantes, com ou sem deficiência, compartilham de um mesmo ambiente escolar, sob um mesmo planejamento pedagógico e estratégias de ensino comum a todos, sem a necessidade de haver, em dado momento, o afastamento do estudante com deficiência para um atendimento especializado, só pelo fato de não ter condições estruturais, ou pedagógicas de atendê-lo conjuntamente.

Daí, ligando ao ensino inclusivo de química, pode ser inferido que há complexidade para estudantes que veem em criar modelos mentais sobre os conceitos desenvolvidos e expostos neste componente curricular e, assim, com o acesso a pelo menos uma figura em um livro, tela de *smartfone*, ou alguma tecnologia similar, construir tais modelos, agora significar isso para alunos com DV fica mais desafiador.

Assim, surge esta pesquisa para avançar em estratégias didáticas para ensinar química orgânica, com o objeto de conhecimento isomeria, a alunos com DV e normovisuais (NV) em mesmo ambiente escolar, sob um mesmo planejamento pedagógico. E, por conseguinte, busca respostas para o problema: "De que forma o ensino de isomeria espacial por meio do uso do ensino baseado por modelagem, com adoção de modelos tridimensionais produzidos com sementes regionais, auxiliará na aprendizagem tanto de alunos NV e com DV, potencializando o ensino de isomeria de forma inclusiva?"

Para tanto foi estipulado o objetivo geral, desenvolver competências teóricas, conceituais e contextuais sobre química orgânica com ênfase nos objetos de conhecimento da isomeria espacial a partir da aplicação de uma sequência didática (SD) fundamentada no ensino baseado em modelagem (EBM) adaptada para alunos NV e com DV.

Além disso, o estudo possui como objetivos específicos: descrever como ocorre o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes participantes (NV e com DV), referente aos objetos de conhecimento da isomeria; desenvolver uma SD utilizando a construção de modelos tridimensionais de estereoisômeros (enantiômeros e diasteroisômeros), a partir de sementes de tucumã, açaí e bacaba; avaliar o processo de aprendizagem na perspectiva dos alunos NV e com DV; elaborar um produto educacional do tipo guia de orientações didáticas, em formato digital gratuito, que crie modelos representativos das estruturas moleculares de compostos orgânicos, que tenham o apelo tátil e a facilidade de acesso aos materiais pelo professor que necessita deste tipo de material auxiliar em aulas inclusivas para alunos cegos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ENSINO DE QUÍMICA INCLUSIVO PARA ALUNOS COM DEFICIÊNCIAS VISUAIS

O ensino a pessoa com deficiência é garantido na Lei Nº 13.146/15, intitulada Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência, que em seu:

> "Art. 2º Considera-se pessoa com deficiência aquela que tem impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas." (BRASIL, 2015)

E que no capítulo IV, da mesma Lei, trata do direito à educação, que deve ser assegurada a inclusão plena das pessoas com deficiências, por todos os envolvidos no processo educacional. Este direito do estudante com deficiência a ensino inclusivo é, também, garantido nos documentos oficiais que balizam o ensino básico ao nível nacional e local. À exemplo disso, temos na BNCC, nas competências gerais 1 e 10, respectivamente, duas citações bem explícitas:

> "Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva."(BRASIL, 2018, p.9)

E, também,

> "Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários."(BRASIL, 2018, p.10)

Tais premissas evidenciam que no ensino deve ser considerado a inclusão como oportuno para a promoção da equidade de oportunidade, visando romper com a barreira da segregação. Sobre isso, Mantoan (2003) defende que trabalhar o ensino inclusivo é lançar mudanças radicais no sistema, é inserir todos os alunos em uma mesma sala de aula de forma sistemática, sem momentos segregativos. Logo, todo esforço de ensinar de forma inclusiva é salutar para o processo de ensino e de aprendizagem, para oportunizar aos estudantes amplas condições de atuar ativamente na sociedade, compreendendo sua presença na mesma.

Junto a essas orientações legais ao nível nacional, ainda existem os norteamentos locais, como exposto no Plano Estadual de Educação (PEE/Amapá), Lei nº 1907/2013, determina na meta nº 5,

> "Universalizar, para a população de quatro a dezessete anos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento, altas habilidades ou superdotação, o acesso à Educação Básica e ao Atendimento Educacional Especializado, preferencialmente na rede regular de ensino, garantindo sistema educacional inclusivo, com salas de recursos multifuncionais, classes, escolas ou serviços especializados, públicos ou conveniados."(AMAPÁ, 2013, p.6).

Assim como no Referencial Curricular do Amapá (RCA), trata que

> "a inclusão é um processo que requer engajamento e participação de todos os envolvidos no processo, profissionais específicos na área de educação especial colaborando com os processos de permanência, oportunizando estratégias e reflexões sobre o acesso ao conhecimento"(AMAPÁ, 2020, p.27).

Esta pesquisa foi focada ao ensino e a aprendizagem de isomeria a alunos com deficiência visual, justamente aqueles que segundo a Lei 13.146/15 tem impedimento sensorial, que dificulta seu pleno acesso ao desenvolvimento instrucional, devido às barreiras impostas por sua condição de deficiente, também por falta de instrumentos que auxiliem o trabalho do professor, responsável direto pela formação desse estudante com DV, pois segundo Mól (2019) somente garantir o acesso à escola, não garante o pleno desenvolvimento do estudante com DV, mas sim disponibilizar materiais táteis que o auxilie na compreensão do que se estuda, e que este aluno esteja em contato direto com seus pares, pois a troca de experiências é essencial a aprendizagem do aluno cego.

Portanto, elaborar meios que auxiliem os estudantes com DV, e ainda possam ser usados conjuntamente com os NV, acrescentando ao desenvolvimento de todos é relevante tanto para esta pesquisa, quanto para o ensino de química.

Com o intuito de referendar a pesquisa, os referenciais teóricos escolhidos e o bom andamento do trabalho desenvolvido, foi executada consulta a repositórios de trabalhos acadêmicos, utilizando os buscadores Google Acadêmico e Educapes, com o mesmo descritor em ambas: "Química orgânica para alunos com deficiência visual". No buscador Google Acadêmico, restringiu-se ao período de 2014 a 2024, por relevância, páginas em português e qualquer tipo, assim foram obtidos 42 resultados; já na plataforma Educapes, restringindo a pesquisa aos bancos de dados do PROFQUI e somente texto em português, foram obtidos 99 resultados.

Com o algoritmo da busca por meio do Google Acadêmico foi dado ênfase a trabalhos com ênfase nas aplicações ao ensino de Química Orgânica, com uso de modelos/modelagem 3D, ou com materiais adaptáveis sustentável e/ou alternativo, que se fizesse suficiente para demonstrar o bom caminho do trabalho desenvolvido. Desta forma, elenquei 4 trabalhos.

De pronto, sobre produtos educacionais direcionados a ensinar química orgânica a alunos com deficiência visual, destacamos o trabalho de Lima e Souza (2022), intitulado “Vou te contar como ensinamos química orgânica para alunos com deficiência visual: guia de orientações didáticas” este guia tem a finalidade de contribuir para a melhoria do processo ensino e aprendizagem de Química Orgânica para alunos com deficiência visual, combinando o uso de modelos 3D e Audiodescrição. Este Produto Educacional (PE) também é encontrado na base de dados do Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA), da Universidade do Estado do Pará (UEPA).

Assim, o citado PE é constituído de três capítulos mais as considerações finais, onde o capítulo 1 traz um sucinto resumo de química orgânica e um breve aporte teórico pedagógico, cita-se os objetos de conhecimento específicos para o uso na aplicação do produto e a Teoria da Defectologia de Lev Vygotsky, mesmo sucinto tem o suficiente para nortear o trabalho do professor que interessar-se por replicar a prática sugerida com a ideia de ensino inclusivo de química orgânica; após tem o capítulo 2 com os componentes do material didático, informando não só os materiais utilizados, mas como acessar programas que auxiliem a impressão 3D de modelos de moléculas orgânicas, com o passo-a-passo, e também como proceder na produção do material de audiodescrição; por fim o capítulo 3 com todas as informações dispostas sobre como aplicar a proposta didática do guia, com vários hiperlinks para o roteiro de entrevistas, plano de aula, problemas de química, mostra muito bem como deve ser elaborado e concebido um guia didático, leve e de fácil entendimento, perfeitamente replicável, condições que foram a pretensão do nosso trabalho.

Outro, Razuck e Neto (2015), intitulado “A química orgânica acessibilizada por meio de kits de modelo molecular adaptados”, com referências a Mól e Vygotsky, entre outros, construiu um trabalho sobre o ensino de química orgânica para DV em escola pública de Brasília, com material adaptado a partir de kit’s moleculares comerciais de plástico, posteriormente texturizados com cola escolar colorida. O uso de materiais coloridos justifica-se pelo fato de ser utilizado também com alunos NV inseridos no mesmo contexto escolar, assim enfatiza-se o processo inclusivo. Esta proposta, com coloração a texturas, foi pensada para enriquecer nossa pesquisa.

Na sequência, Paulo *et al* (2018), com título “Produção de materiais didáticos acessíveis para o ensino de química orgânica inclusivo”, vem com outro referencial teórico, como exemplo Chassot, no entanto a lógica do trabalho inclusivo é muito similar ao anterior descrito, o que o

aproxima muito do formato da discussão deste trabalho, que é adaptar materiais didáticos ao ensino inclusivo dentro do objeto de conhecimento química orgânica, onde o trabalho de Paulo foi desenvolver modelos táteis a partir de bolas de isopor com tamanhos variados pintadas com tinta acrílica PVA, ligados por hastes de canudos plásticos para simular os modelos comerciais, porém com custo efetivo mais baixo, visando o acesso e aquisição do material pelo professor de química, que deve ser o principal interessado em promover a acessibilidade para todos os estudantes, sejam NV e DV.

Com outro trabalho, Medeiros (2020), intitulado "Utilização de modelos táteis sustentáveis como alternativa no ensino de química para alunos com deficiência visual", traz uma proposta metodológica muito interessante, pois o trabalho de inclusão foi desenvolvido para a formação de uma turma de licenciatura em química, onde os acadêmicos normovisuais são levados a uma imersão no cotidiano do cego na escola, esta é a etapa i chamada experiência sensorial, em seguida a etapa ii com a discussão das estratégias pedagógicas, agora com os acadêmicos cientes das adaptações necessárias, depois a etapa iii com a elaboração de materiais didáticos assistivos táteis, com materiais recicláveis, ou reutilizáveis, para pôr fim na etapa iv com a apresentação dos materiais desenvolvidos e a justa relação com a vivência ocorrida na etapa i. Isso remete muito a proposta deste trabalho, já que existe uma proximidade com o EBM.

Na mesma plataforma elenco o trabalho de Lima e Onofre (2017), intitulado "Proposta de ensino de química orgânica para alunos com deficiência visual: desenhando prática pedagógica inclusiva", um PE desenvolvido com intuito de diminuir a visualidade das aulas de química orgânica, tornando-as mais auditivas e táteis, por meio de aulas particulares para três alunos cegos, os quais testaram protótipos de materiais didáticos adaptados a sua deficiência visual. Para tal tarefa, foram utilizados materiais alternativos que se adaptaram bem ao propósito do PE, onde átomos envolvidos na química orgânica foram representados por peças de plástico, utilizadas na confecção de bijuterias, já as ligações diversas, do tipo simples, dupla e tripla, foram confeccionadas em impressora 3D, com encaixes para as peças plásticas. Apesar da nossa pesquisa não ter foco na segregação do aluno DV de seus colegas NV, o trabalho de Lima e Onofre mostra a importância de propor aulas com materiais adaptados, de fácil acesso e baixo custo ao professor, para contornar uma dificuldade que não é do estudante, mas sim do sistema de ensino de se adaptar.

Outro PE similar foi construído a partir do trabalho de França *et al* (2020), intitulado "Produção de materiais táteis para ensino de química orgânica sob uma perspectiva inclusiva",

como material didático adaptado e de baixo custo é o cerne do artefato do produto. O objetivo do produto foi criar modelos representativos das estruturas moleculares de compostos orgânicos, que tenham o apelo tátil e a facilidade de acesso aos materiais pelo professor que necessita deste tipo de material auxiliar em aulas inclusivas para alunos cegos.

Em quase todos os trabalhos com DV tem Vygotsky sendo citado, assim como Justi é uma autora recorrente nos trabalhos com modelagem, com Gerson Mól em trabalhos sobre inclusão e ensino de ciências ou de química, também se tem dois trabalhos desenvolvidos com metodologia em estudo de caso, citando a Yin como base teórica. Estes são os pilares bibliográficos, para o aporte teórico e metodológico desta pesquisa.

A pesquisa se justificou pelo fato do número pequeno de trabalhos desenvolvidos a partir do objeto de conhecimento estereoquímica, e em especial com aplicação de metodologias que enfatizem o processo de ensino e aprendizagem dos alunos com deficiências visuais e normovisuais realmente em práticas inclusivas, pois, em geral, as escolas retiram os alunos com deficiência do convívio social com seus pares, para serem atendidos separadamente, onde incluir é ter um atendimento para todos, com todos, mas a escola ainda não consegue ter este atendimento (MÓL, 2019).

2.2 ENSINO DE QUÍMICA POR MODELAGEM

Nesta sessão, inicialmente é feita uma breve consideração histórico-didático sobre o ensino de química no Brasil e, especificamente, no estado do Amapá, para que seja iluminado o contexto do ensino de química na atualidade.

Por conta disso, segundo a BNCC e o RCA, o ensino de química é introduzido aos estudantes como ensino formal a partir do ensino fundamental, anos finais, ao 6º ano com o conhecimento inicial de misturas e separações de misturas e transformação da matéria, e no 9º ano com os aspectos quantitativos e estruturais da matéria.

Os modelos são representações de um objeto, evento, processo ou ideia, visando facilitar a visualização e entendimento comportamental, sua estruturação e funcionamento, tudo isso em caráter de previsibilidade, já que se trata de uma reprodução da realidade para possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado (BOULTER; GILBERT, 1995).

O raciocínio humano necessita considerar mentalmente situações reais e imagéticas, por meio de analogias estruturais, comportamentais e funcionais sobre o mundo que o cerca, a fim de buscar explicações sobre o funcionamento do mesmo e a relação do homem com o meio em

que vive (GILBERT; JUSTI, 2016). Isso pode ser conhecido como modelo mental, com o objetivo principal prever comportamentos para articular ações de intervenção

Já em uma abordagem filosófica, sobre modelos, exposta na obra de Gilbert e Justi (2016), semanticamente, modelo trata-se de uma representação da realidade, expressando um conjunto de axiomas e aplicações diretas da realidade representada. No entanto, as discussões foram sendo desenvolvidas ao ponto que se define os modelos como artefatos representativos parciais da realidade, sem intencionalidade da fidelidade ao universo representado, pois não há essa intenção no simples fato de representar, e sim tornar possível o entendimento concreto de fenômenos e conceitos, algo útil às ciências da natureza e matemática, a exemplo.

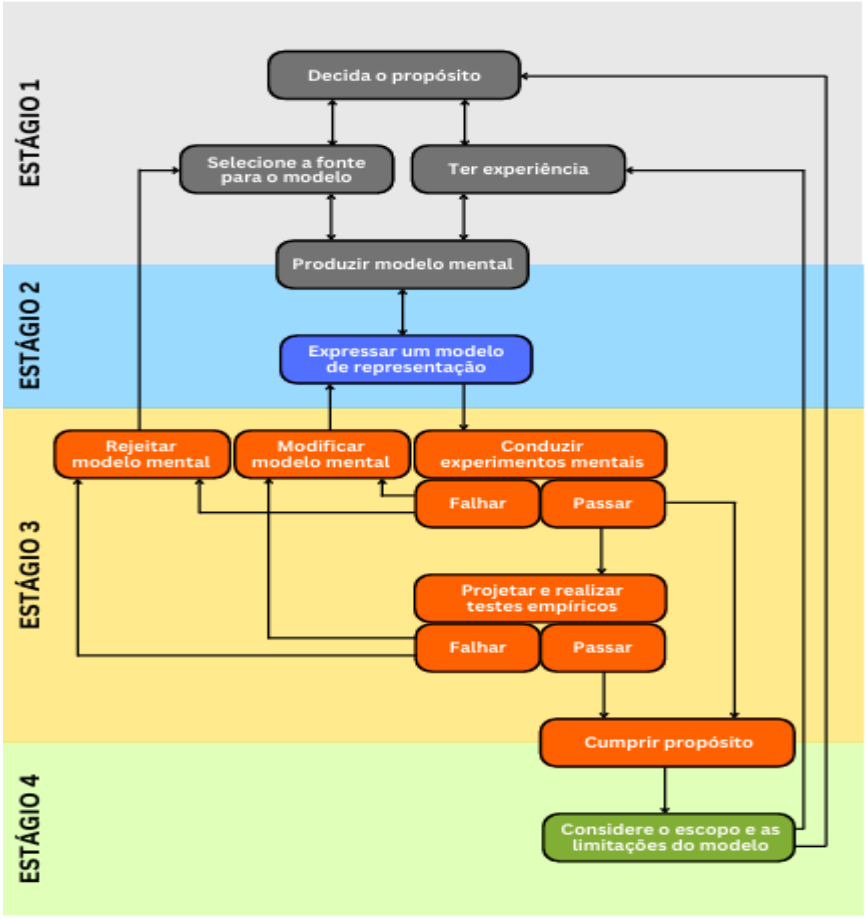
Contudo, a construção desses modelos de forma ativa pode levar a obtenção de artefatos epistêmicos, com propósito de construir claras relações entre o fenômeno, o conceito e a caracterização da realidade representada pelo modelo, mas sem o apelo único do isomorfismo do fenômeno estudado, isso prediz o método de Ensino Baseado em Modelagem (EBM).

No entanto, EBM não se trata só do fazer/construir o modelo em uma perspectiva teórica e simbólica do fenômeno a ser representado. Segundo Gilbert e Justi (2016) há um conjunto de práticas epistêmicas a ser desenvolvida em uma sequência de ações: o uso de analogias, representações imagéticas, experimentos de pensamentos e a argumentação. Assim sendo, a analogia é necessária para generalização do fenômeno abstrato em uma possibilidade concreta, utilizando a intuitividade como meio de ponderar a viabilidade de confirmação, ou de refutação, dos conceitos aplicados no desenvolvimento do modelo.

Daí é possível inferir na relação interna e externa do artefato, ou seja, se ele realmente condiz com o funcionamento do fenômeno como se espera que seja na prática. Todavia, este ato pode comprovar, ou refutar, pelo experimento a teoria proposta na representação, constituindo uma forma de simular o fenômeno estudado, levando a revisão e a avaliação do modelo. Por conseguinte, essa prática leva a uma reflexão sobre o estudo, no caso, produz uma argumentação, sejam elas de coesão entre o conhecimento prévio sobre o fenômeno modelado, ou diálogo entre o antigo, e o novo conhecimento reconstruído pela modelagem.

Assim, o EBM segundo os autores Gilbert e Justi (2016) é um método de ensino utilizado em vários ramos do conhecimento humano, psicologia, filosofia e matemática, são exemplos, mas que desde a década de 1980 é utilizada no ensino de ciências, estipulado em 4 estágios conforme apresentada na figura 1.

Figura 1: Estágios no ‘Modelo de Modelagem’.



Fonte: Diagrama 'Modelo de Modelagem' (Justi & Gilbert, 2016, p.32)

Em análise de alguns cenários sobre pesquisas que envolvem modelagem aplicado ao ensino de química, relacionado a diversos objetos de conhecimento da referida componente curricular, encontramos resultados positivos, que confirmam este método em estágios, conforme descrito na figura 1, como um caminho viável para a pesquisa que foi desenvolvida.

Na pesquisa realizada por Gandra e Faria (2021) sobre “Modelo didático para a representação de estruturas contemplando as diferentes hibridizações de átomos por meio de modelagem como estratégia para o ensino de química”, demonstra resultados coerentes ao uso da modelagem na perspectiva de Justi e Gilbert, como meio para atingir objetivos epistêmicos de aprendizagem sobre diferentes hibridizações ocorrentes com o mesmo elemento químico, mas que as representações por modelos convencionais não conseguem suprir, denotando que hibridizações diferentes ocorrem com átomos diferentes, mesmo sendo de um único elemento químico. Na mesma, é dado ênfase ao diagrama de ‘Modelo de Modelagem’ desenvolvido pelos autores citados, pois os estágios da modelagem levam a confirmação do problema da pesquisa, assim como também ajudam na refutação e reprogramação dos modelos mentais inicialmente atribuídos ao problema do trabalho.

Com a mesma abordagem, ou seja, utilização de modelagem, a pesquisa realizada por Souza e Justi (2010) sobre "Estudo da utilização de modelagem como estratégia para fundamentar uma proposta de ensino relacionada à energia envolvida nas transformações químicas", enfatiza que as etapas propostas no 'Modelo de Modelagem' são verdadeiramente eficientes no que se propõe, por conta de possibilitar a elaboração de modelos mentais, que serão base para a produção de modelos expressos, em produção cíclica que induz a confirmação, refutação e reelaboração quando necessário, sejam de artefatos físicos, ou relações matemáticas, que são posteriormente testadas em outros contextos, para fim de afirmação da eficácia da modelagem, passos comuns ao andar do conhecimento científico.

E ainda se utilizando da modelagem, a dissertação escrita por Ferreira (2006) sob orientação da Professora Dr.ª Rosária da Silva Justi, com o tema "Modelagem e suas contribuições para o ensino de ciências: uma análise no estudo de equilíbrio químico", afirma o uso das etapas de modelagem como uma importante estratégia para análise da aprendizagem de química, aqui no âmbito da modelagem de reações reversíveis, enfatiza a elaboração de modelos, seguido de sua comunicação perante os estudantes, pelos próprios, causando um efeito de engajamento maior com a aprendizagem objetivada.

Portanto, elaborar modelos mentais, desenvolver formas de representações para fenômenos, avaliar analogias, confirmar eficácia de representação e comunicar resultados, tudo elaborado em etapas, com possibilidades de ciclos contínuos, do processo de modelagem é, além de ferramenta de análise qualitativa, adaptável aos diversos ramos da química, como apresentado nos três trabalhos citados anteriormente, em modelos de geometria molecular, termoquímica e equilíbrio químico. Logo, acredito na efetividade da aplicação de tal método para o trabalho com modelagem em isomeria.

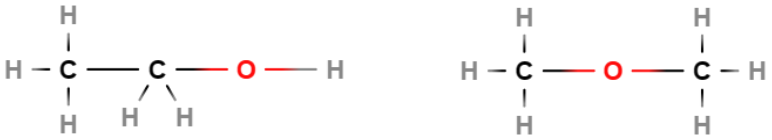
2.3 ENSINO DE ISOMERIA

A "isomeria é a propriedade de compostos com a mesma fórmula molecular existirem como compostos diferentes" (SILVA *et al,* 2018, p.103), podendo haver duas formas de apresentação do fenômeno: isomeria plana (constitucional) e isomeria espacial (estereoisômeros).

Para tornar mais compreensivo, utilizaremos a fórmula molecular C_2H_6O como exemplo de um par de isômeros planos, conforme a figura 2, onde as diferenças comparativas entre as estruturas determinam a classificação do isômero, e tais diferenças são determinadas conforme

os conceitos desenvolvidos em outros objetos de conhecimento da componente curricular química, como: “classificação de cadeias orgânicas”, “identificação de funções orgânicas”, “nomenclatura de compostos orgânicos segundo a IUPAC[5]”, todos objetos de conhecimentos vinculados ao macrocampo da química conhecido como Química Orgânica.

Figura 2: Fórmulas estruturais dos isômeros do C_2H_6O.



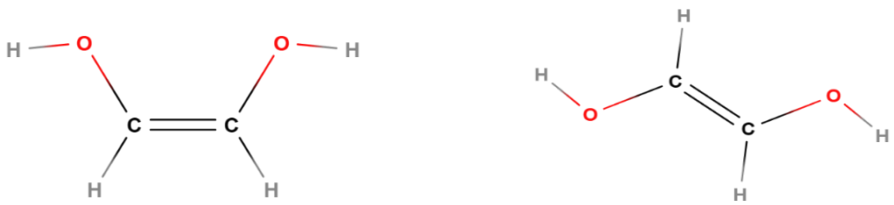
Fonte: MolView

Apesar de não haver necessidade de análise do comportamento em 3D, referentes aos isômeros constitucionais, nada impede de ser desenvolvido um trabalho com modelos tridimensionais, especialmente aos alunos com DV, pois com o toque será possível perceber as diferenças entre as estruturas e assim, determinar a classificação do isômero. No exemplo utilizado na figura anterior (figura 2), existe um par de isômeros constitucionais de função, já que a estrutura da esquerda é um álcool (etanol) e a da direita um éter (metóximetano).

Ainda sobre os isômeros, no entanto a vista dos isômeros espaciais, as diferenças não são estruturais, ou seja, eles possuem na prática a mesma estrutura, porém comportamentos espaciais tridimensionais diferentes, que para o Ensino Médio pode ser definido como isômero espacial geométrico e isômero espacial óptico.

Daí utilizaremos a fórmula molecular $C_2H_4O_2$, para tratar das diferenças tanto no plano (figura 3), como no comportamento espacial geométrico (figura 4).

Figura 3: Fórmulas estruturais dos isômeros do $C_2H_4O_2$.



Fonte: MolView

[5] “*International Union of Pure and Applied Chemistry*”, é uma organização não governamental internacional dedicada ao avanço da química.

Figura 4: Fórmulas 3D dos isômeros do $C_2H_4O_2$.

Fonte: MolView

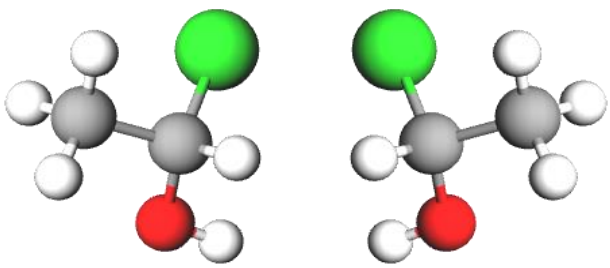
Estas estruturas, na figura 4, também podem ser classificados como diastereoisômeros por não serem compostos com estrutura especulares um do outro, ou seja, não configuram imagem especular, não são sobreponíveis. A Diferença entre eles, está na inexistência da rotação livre dos ligantes dos carbonos insaturados por dupla ligação, em caso de cadeias acíclicas, e assim há comportamentos químicos e físicos diferentes.

Vejamos agora um exemplo de isômeros espaciais ópticos, na figura 5, em análise no plano, e na figura 6, seu comportamento 3D, considerando a fórmula molecular C_2H_5OCl; estas moléculas aqui representadas podem ser classificadas como enantiômeros, pois são imagens especulares uma da outra, conforme demonstrado nas figuras a seguir.

Figura 5: Fórmula estrutural dos isômeros do C_2H_5OCl.

Fonte: MolView.

Figura 6: Fórmula 3D dos isômeros do C_2H_5OCl.



Fonte: MolView.

A vista das possibilidades de comunicações sobre a isomeria, entre Professor e Estudantes, se torna evidente a necessidade de implementar artifícios, ou artefatos que ajudem na construção de um modelo mental, com o intento de ajudar na compreensão do objeto de conhecimento trabalhado em sala de aula.

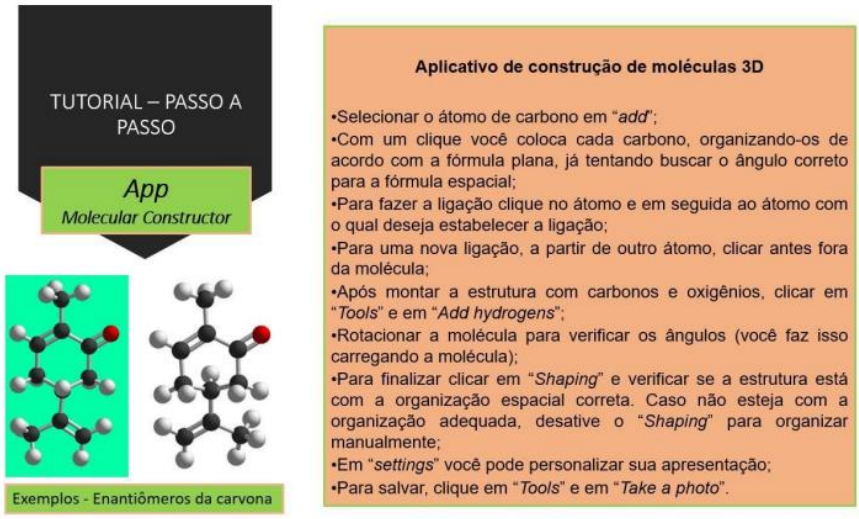
Dentro dessa perspectiva, existem algumas considerações acerca do ensino de isomeria que é relevante ao desenvolvimento deste trabalho. Segundo Queiroz (2015), o uso de representações é muito forte no ensino de química, devido à necessidade de representar os níveis simbólicos e microscópicos, a partir de uma analogia macroscópica sensorial para fazer fenômeno e conceito serem compreendidos; o mesmo autor cita que a construção de representações pode criar conexões cognitivas entre conceitual e visual. Aqui faço um adendo meu, acreditando que cabe considerar visual, a condição de enxergar por outros meios sensoriais, como o tato, no caso do aluno com DV.

Isso nos leva a uma barreira imposta na transposição didática utilizada pelo professor de química, em muito se utiliza do recurso visual-imaginativo dos alunos, especialmente no ensino de isomeria espacial, onde muitos estudantes são induzidos a compreender o comportamento em três dimensões (3D) por meio de modelos mentais, porém nem todos conseguem abstrair de uma imagem duas dimensões (2D) o comportamento tridimensional.

Em outra pesquisa realizada por meio de revisão da literatura Rockenbach, *et al* (2020), é uma importante estratégia o uso de visualidade tridimensional para que os estudantes consigam desenvolver suas habilidades visuoespaciais, e que após a revisão dos trabalhos no escopo da pesquisa, concluíram que na maioria os trabalhos mostram a proximidade conceitual e contextual como uma ferramenta muito comum ao ensino de estereoisomeria, com a utilização massiva de modelos e software como estratégia para vencer a falta de acuidade visuoespacial, isso configura importante estratégias a temas que desenvolvam o ensino de estereoisomeria.

Na figura 7, tem-se a proposta do trabalho de Rockenbach, *et al* (2020), a respeito de um tutorial sobre aplicativo de construção de moléculas 3D. Isso é posto com fim de auxiliar o Professor, para uma abordagem visual mais rica, em seu exercício de sala de aula.

Figura 7: Imagem recortada do PE de Rockenbach.



Fonte: Rockenbach, *et al* (2020)

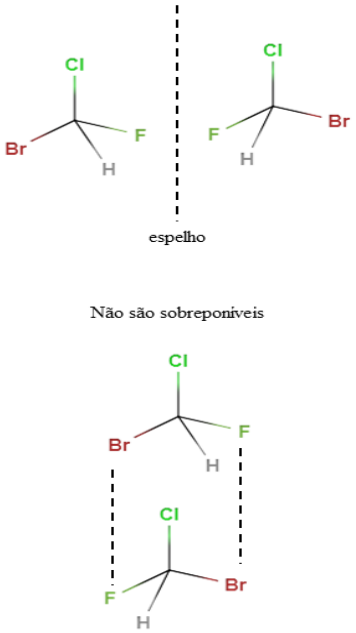
Portanto, o ensino de estereoquímica, que trata dos compostos orgânicos com comportamentos espaciais diferenciados, é muito visual e devido a diversos conceitos e fenômenos que incorrem no comportamento espacial de uma molécula, na química orgânica a habilidade de compreender informações iniciais de representações é importante para a compreensão de outros fenômenos (KLEIN, 2017). Nisso está a possibilidade de problemas no processo de ensino, que pode impactar em dificuldades de aprendizagem aos estudantes sejam eles NV e, se acredita, que a dificuldade da aprendizagem pode ser mais aparente a estudantes com DV cegos.

Nesta perspectiva, sobre o ensino de química orgânica, que para muitos é taxada como sendo de mera memorização, porém não deve ser assim tratada, pois é enorme a quantidade de conceitos e fórmulas que a compõe, tornando esse pressuposto distanciado da lógica da memorização humana. Logo, a química orgânica não depende de memorização para ser compreendida, mas sim da compreensão do enredo onde os conceitos estão aplicados, para isso é fundamental entender os princípios químicos aplicados e resolver problemas (KLEIN, 2017), por isso a escolha do referido autor para fundamentar a ideia de ensino e aprendizagem de química orgânica, com o objeto de conhecimento isomeria (estereoquímica), ao trazer uma ideia de estudar química através da resolução de problemas.

Para tanto, após uma aula com uso da estratégia didática escolhida pelo Professor, é aplicado um exercício com problemas direcionados aquilo que se objetivou a aula. Para exemplificação, quando discorrido que as características do enantiômero é ter um carbono assimétrico, ou seja, com quatro ligantes diferentes, o estudante é levado a identificar tais

características a partir de uma fórmula estrutural desenhada/impressa, conforme as orientações contidas na figura 8.

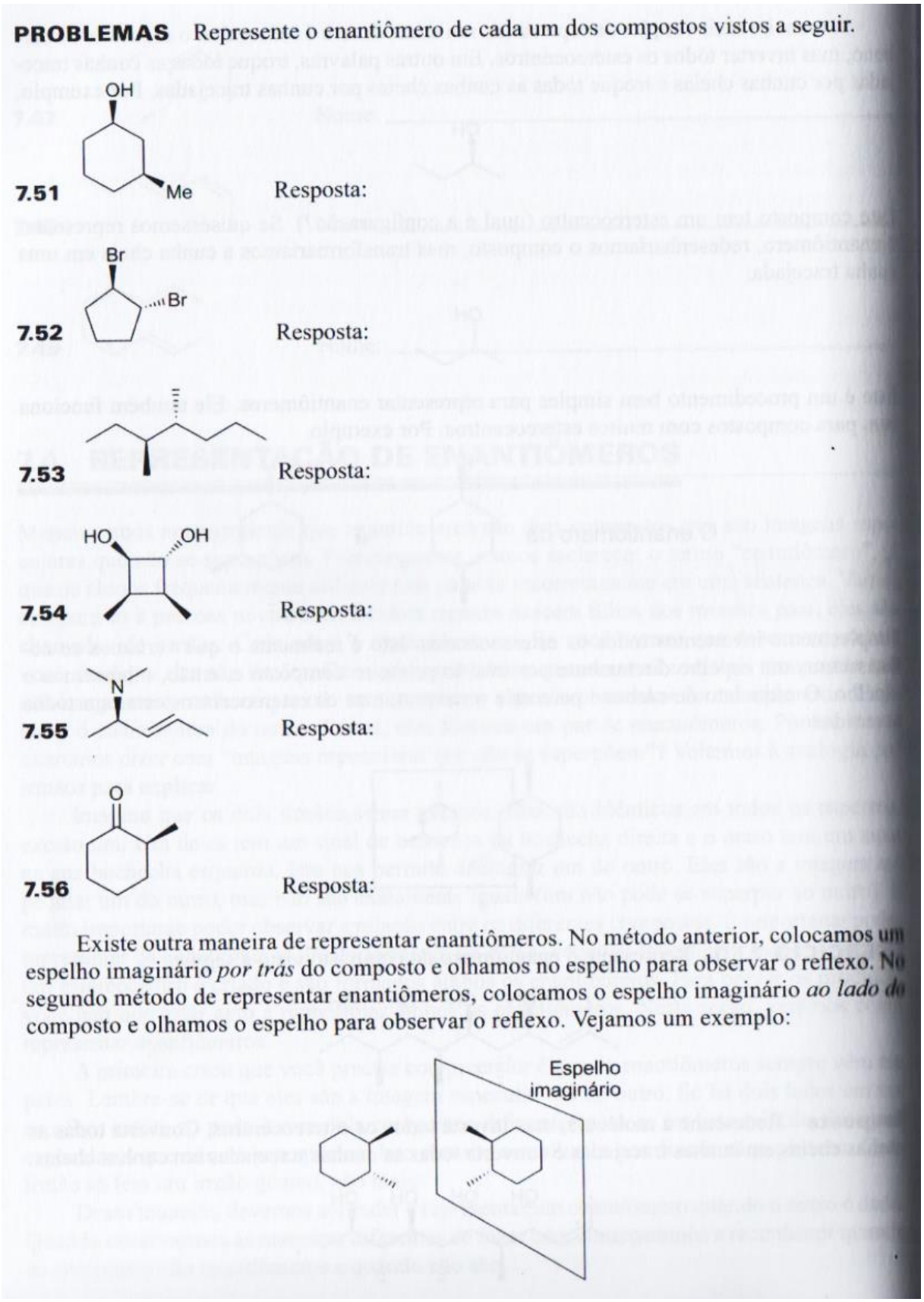
Figura 8: Exemplo para explicação sobre enantiômeros.



Fonte: MolView

A partir das orientações de Klein (2017), o problema a ser resolvido com intuito de compreensão do exposto deve ser conforme a figura 9, extraída de trecho do livro do mesmo autor.

Figura 9: Fragmento de página de livro.



PROBLEMAS Represente o enantiômero de cada um dos compostos vistos a seguir.

7.51

Resposta:

7.52

Resposta:

7.53

Resposta:

7.54

Resposta:

7.55

Resposta:

7.56

Resposta:

Existe outra maneira de representar enantiômeros. No método anterior, colocamos um espelho imaginário *por trás* do composto e olhamos no espelho para observar o reflexo. No segundo método de representar enantiômeros, colocamos o espelho imaginário *ao lado do* composto e olhamos o espelho para observar o reflexo. Vejamos um exemplo:

Fonte: Klein (2017)

2.4 SOCIOINTERACIONISMO DE VYGOTSKY NO ENSINO DE QUÍMICA

Uma pesquisa desenvolvida em ambiente inclusivo, ou seja, todos os participantes trabalham juntos, tem uma premissa de sociointeracionismo, já que para Vygotsky (2008) o desenvolvimento cognitivo é um processo interacionista, que depende necessariamente das relações sociais, pois o indivíduo é um ser social, ou seja, seu desenvolvimento e a consolidação das suas funções mentais ocorrem mediante leitura e percepção do ambiente circundante, e as relações interpessoais. E segundo Mól (2019), na perspectiva de Vygotsky a relação do homem com o meio não é direta, logo possui um mediador, que pode ser um instrumento, ou um signo, que serve para o homem interagir com o mundo, inclusive modificá-lo, e isso o trará uma nova consciência. Isso tudo mostra que o ser humano é diferenciado, justamente pelo fato de não só conseguir memorizar, mas sim de articular memórias com novas informações mediadas e recriar conceitos, ou seja, realinhar suas atitudes com o meio.

Neste trabalho o ensino inclusivo é para a aprendizagem de pessoa com DV cego, que para Vygotsky (2022) como não existe comunicação do homem de forma associal, a falta de visão leva a um desaparecimento de importante função social, pois o homem age sobre a realidade conforme a vê. No entanto, a cegueira para o cego não é um defeito, como um NV possa imaginar, essa condição não lhe causa estranheza, apenas o torna um ser humano capaz de ver o mundo por meio de outros sentidos, portanto sua ação sobre a realidade é diferente.

Logo, dado as devidas ferramentas e treiná-lo a usá-las da maneira correta, provavelmente o tornará um cidadão mais livre e consciente diante do mundo que o cerca. Por isso, na mesma obra citada anteriormente, o autor afirma que alunos cegos estão aptos a vida ativa, que eles são tão capazes quanto aos outros ditos normais, ressalva-se apenas a substituição das vias de acesso à informação a ser captada; por isso, há a necessidade de adaptar os meios de acesso a essas informações, utilizando outros sentidos do estudante, ou seja, muda a forma como ensinar, mas não o que ensinar.

Alinhando a teoria de Vygotsky ao ensino e a aprendizagem de química, há alguns trabalhos como o artigo publicado na revista Ciência & Educação, de autoria de Nascimento e Amaral (2012), com o tema “O papel das interações sociais e de atividades propostas para o ensino-aprendizagem de conceitos químicos”, o qual traz o relato sobre a pertinência do sociointeracionismo de Vygotsky onde a aprendizagem e o desenvolvimento do ser humano se dá com as interações sociais e culturais, perpassando pela interpenetração no conhecimento do outro, isso inclui a relação aluno-aluno e aluno-mediador.

Na dissertação com o tema “A pedagogia libertadora de Paulo Freire, o ensino por investigação e a teoria de aprendizagem sócio-histórica: articulações possíveis para o ensino de química”, onde Paulino (2020) desenvolve um diálogo entre o ensino problematizador de Paulo Freire e o desenvolvimento pela teoria sócio-histórica de Vygotsky, com a discussão centrada na zona de desenvolvimento proximal (ZDP), como meio para o professor se tornar um facilitador em relação a aplicação de uma sequência de ensino investigativo, como instrumento de alfabetização científica para o ensino de química no ensino médio. Neste trabalho, a autora ressalta a relação entre a Pedagogia Libertadora de Freire e a Teoria do Desenvolvimento de Vygotsky para o desenvolvimento dos estudantes, além de corroborar a prática pedagógica com a construção conceitual em química dentro do ambiente social do convívio do estudante.

E trazendo a discussão para o ensino inclusivo, trago a contribuição da dissertação da autora Carmo (2018), com o tema “Educação inclusiva com surdos: estratégias e metodologias mediadoras para a aprendizagem de conceitos químicos”, que no seu aporte teórico carrega Vygotsky e sua Teoria Sociointeracionista, pontuando que a aprendizagem é um processo que depende da interação do indivíduo com o ambiente, realidade e outras pessoas, mesmo que existam outros fatores que possam influenciar neste processo, como o fato de cada indivíduo ter seu tempo e sua forma de aprender.

E mais, a autora da dissertação “Química orgânica para alunos com deficiência visual: uma estratégia de aprendizagem combinando uso de modelos 3D e audiodescrição”, Lima e Souza (2022), também desenvolveu pesquisa com fundamentos de Vygotsky para referendar posições epistêmicas como o desenvolvimento cognitivo de alunos com DV, através da manipulação de artefato 3D, acompanhado de audiodescrição, e no seu entendimento apesar da deficiência alterar a relação cultural da pessoa, não é o fator fisiológico único determinante da barreira de aprendizagem, e sim como a sociedade reage diante da deficiência.

Este trabalho está sendo fundamentado no princípio epistemológico da estimulação dupla de Vygotsky, no qual, aplicam-se dois estímulos: o problema a ser resolvido e recursos auxiliares para que o sujeito desenvolva uma resposta à tarefa ou problema em questão. Assim, ainda segundo os autores, este princípio de Vygotsky entende o comportamento humano não apenas como uma resposta a um determinado estímulo, mas como uma construção auxiliada por mediações que permitem o indivíduo sua constituição em um processo complexo que deve ser acompanhado pelo pesquisador a fim de ser compreendido.

A teoria sociocultural de Vygotsky, conforme Gauvain (2020), afirma que o desenvolvimento mental e cognitivo, é mais eficiente quando ocorre sob a mediação de um

professor ou um colega que seja mais experiente, onde as funções mentais elementares e superiores são construídas a partir de signos e ferramentas, possibilitando novas formas de processos mentais ocorrerem, já que os signos e as ferramentas são usados para emular a realidade, reconstruir o processo cultural, ou seja, aproveitar o conhecimento superior de um ser humano mais experiente para alicerçar a construção de conhecimento de um ser humano menos experiente.

Portanto, a deficiência visual, pode determinar a forma diferente que o estudante vai interagir com o meio, porém a ação do ensino inclusivo, justaposto com a teoria sociointeracionista de Vygotsky, pode compor novas possibilidades de apoio ao ensino e a aprendizagem de química orgânica, no objeto de conhecimento isomeria, através do uso de artefatos tridimensionais, construídos por meio de EBM.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Tipo de pesquisa

Esta pesquisa possui uma abordagem qualitativa com objetivo descritivo, utilizando como método de pesquisa o Estudo de Caso. De acordo com Yin (2015) este método busca compreender de forma mais profunda a realidade que o estudo está sendo realizado, ou seja, os resultados não buscam generalizações e sim fornecer resultados práticos situacional, neste caso, de uma intervenção pedagógica utilizando a abordagem pedagógica ensino baseado em modelagem em uma escola pública no Estado do Amapá.

A importância das pesquisas do tipo de estudo de caso na área de educação, segundo Gil (2002) se dá por meio do estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo conhecimento, com certa flexibilidade na estrutura metodológica da pesquisa, porém isso pode ser contornado por uma maior atenção do pesquisador no controle desta flexibilidade, para não comprometer a credibilidade na análise dos resultados obtidos. Além do que, uma pesquisa sobre aprendizagem, aborda a realidade cujos limites não estão claramente definidos, e assim é necessário ter um olhar mais próximo para se definir e descrever o contexto do fenômeno estudado.

3.2 Lócus e Participantes da Pesquisa

O trabalho foi desenvolvido por meio de pesquisa exploratória, na Escola Estadual Rivanda Nazaré da Silva Guimarães (INEP: 16007271), com o IDEB atual de 3,7, pertencente à rede pública de ensino do Amapá, situada na Zona Urbana do Município de Macapá, Rua Cícero Marques de Souza, nº 2874, Bairro Novo Horizonte, CEP 68.909-803, com endereço eletrônico rivandanazare@ap.gov.br, em uma turma da 3ª série do ensino médio, a qual possui um discente cego adquirido, com idade maior que 18 anos. Assim, a pesquisa foi desenvolvida com a participação deste aluno e seus colegas de turma, o professor de química da turma, o professor tutor do aluno (Atendimento Educacional Especializado - AEE) e o professor pesquisador (autor desta pesquisa).

Então, existe um caráter intervencionista conforme Picheth, Cassandre, Thiollent (2016) salientam que a intervenção incentiva o surgimento de novos atores ao longo do processo de pesquisa e à condução da construção do conhecimento coletivo, com base nessas definições e características, o trabalho buscou uma proposta didática com desenvolvimento de instrumentos para a participação efetiva e cooperativa de todos os participantes da pesquisa, que são o

professor regente, professor pesquisador, o professor do AEE e os alunos. Destaca-se que a presença do aluno com deficiência visual junto a seus colegas de turma possibilitou o desenvolvimento de interações e resolução de problemas de forma conjunta, com o aluno NV cooperando com o aluno com DV, como o auxílio para ler textos de problemas, fazendo a escuta ativa, escrevendo as contribuições verbalizadas pelo aluno com DV, conduzindo o colega para a construção e manipulação dos modelos 3D.

Os critérios para a inclusão dos participantes da pesquisa foram: i) ser aluno matriculado na 3ª série da escola em tela. ii) ser professor responsável pela turma selecionada. iii) ser o tutor do aluno cego da mesma turma (3ª série da escola em tela). IV) Aluno com DV matriculado na turma.

Os critérios para a exclusão dos participantes na presente pesquisa foram: i) Não participar por qualquer motivo da pesquisa de alguma etapa da sequência didática; ii) Não assinar o TALE acompanho da assinatura TCLE pelo responsável, adotasse este critério como compromisso dos pesquisadores com aspectos éticos da pesquisa.

3.3 Condução da Pesquisa

3.3.1 Questões Éticas e Legais da Pesquisa

Sobre os aspectos éticos da pesquisa, o projeto já possui a aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da UEPA/Campus Conceição do Araguaia, com parecer consubstanciado número 5.772.723 (Anexo A), expedido em 23 de novembro de 2022. O professor regente da turma, o professor tutor do aluno (Atendimento Educacional Especializado - AEE) que também são participantes desta pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), bem como o aluno cego, devido já ter 18 anos completos. Os educandos da turma da terceira (3ª) série do ensino médio da Escola Estadual Rivanda Nazaré da Silva Guimarães assinaram o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) por serem menores de 18 anos, e seus respectivos responsáveis assinaram o TCLE.

Vale ressaltar que, embora na pesquisa quali-quantitativa os participantes também sejam identificados pelo pesquisador, deve haver uma confidencialidade entre as partes, que é a garantia do resguardo das informações dadas em confiança e a proteção contra a sua revelação não autorizada (BRASIL, 2016). Neste sentido, os participantes da pesquisa tiveram suas identidades preservadas e foram atribuídos nomes fictícios para apresentação dos mesmos que receberam uma cópia assinada do Termo Compromisso para Utilização e Manuseio de Dados

(TCUD) e pelas Declarações de Compromisso dos Pesquisadores e Declaração de aceite do responsável pela escola.

Os participantes da pesquisa responderam aos testes de desempenho de forma anônima e espontânea, visando contribuir para a coleta de dados desta pesquisa, garantindo-lhes que seus dados foram armazenados e protegidos sob a responsabilidade do pesquisador responsável.

Com relação às atividades práticas na sala de aula o pesquisador responsável detalhou as etapas, forneceu EPIs necessários, os materiais (sementes) foram lixados com auxílio de lixa comercial, por isso não houve risco de cortes, por exemplo. Ressalta-se que os furos nos caroços foram realizados previamente pelo pesquisador principal. Para o aluno cego, o pesquisador responsável detalhou as etapas individualmente ao estudante, para garantir que participasse com segurança.

3.3.2 Percurso de concepção e avaliação do Produto Educacional (PE)

As etapas da sequência metodológica para elaboração do produto educacional estão descritas no Quadro 1, com detalhamento a seguir:

Quadro 1: Resumo das etapas da pesquisa realizada.

Etapas	Ações desenvolvidas
Base da pesquisa (referenciais teóricos)	Referenciais teórico-metodológicos: Ensino Baseado em Modelagem (Rosária Justi); Estudo de Caso (Yin, 2016), BNCC (Brasil, 2017). Ensino de Química Orgânica (Klein, 2017). Referencial Curricular do Amapá (Amapá, 2023), inclusão de pessoas com deficiência no ensino de Química (Mól, 2019). Sociointeracionismo (Vygotsky, 2007)
Pesquisa Exploratória	Observação Participante (Minayo, 2002; Yin, 2016) e Entrevista com o professor regente e professor AEE (Yin, 2016; Cohen, Manion, Morrison, 2018).
Prototipação do Produto Educacional (PE)	Elaboração da primeira versão do PE
Testagem em ambiente de sala de aula	Aplicação do PE com 26 alunos do 3º ano do Ensino médio
Análise de dados	Análise qualitativa (Yin, 2016), com base nas interpretações dos dados coletados durante a aplicação da intervenção pedagógica.
Revisão do PE para uma nova versão	Ajustes e correções com base nos resultados da seção anterior; inserção de materiais complementares como planos de aulas e roteiros. Diagramação, linguagem e estética do PE do Guia Didático intitulado “Ensino de Isomeria: a modelagem para incluir, usar sementes para ensinar”
Avaliação por painel de especialistas	04 professores especialistas avaliaram o PE por meio de questionário físico/online.
Versão Final do PE	Ajustes necessários com base na avaliação dos especialistas.

Fonte: Autores (2024)

3.3.3 Pesquisa Exploratória

Aqui ocorreu uma observação participante com o propósito de investigar o panorama sobre o processo de aprendizagem com ênfase nas dificuldades que os alunos apresentaram durante as aulas de Química. Para tal tarefa foi seguido um roteiro, de acordo com Minayo (2002, p. 59) "a importância dessa técnica reside no fato de podermos captar uma variedade de situações e fenômenos que não são obtidos por meio de perguntas, e sim observados e transmitem o imponderável e invasivo na vida real".

Ainda na alça da observação participante, segundo Yin (2016) é possível ser um observador que participa para se tornar um instrumento de pesquisa, observando e registrando vários eventos próprios do ambiente da pesquisa, como conversas, expressões corporais, e o que mais o pesquisador julgar útil a coleta de dados.

Nessa etapa, a técnica metodológica foi utilizada para identificar quais metodologias de ensino o educador regente utiliza durante as aulas, se é motivacional para os educandos, se existe a participação ativa deles em algum momento durante esse processo, reconhecer quais habilidades foram desenvolvidas com base no plano de ensino do educador e de que forma os objetos de conhecimento da química está relacionada às vivências dos educandos e se eles conseguem perceber isso no seu contexto sociocultural.

Para compreender o processo de aprendizagem do aluno com deficiência visual, relacionado aos objetos de aprendizagem de isomeria espacial durante o ensino médio, foi realizada a socialização entre pesquisador e aluno. Neste contexto, a estratégia adotada foi uma entrevista semiestruturada seguindo orientações de Cohen, Manion, Morrison (2018), os quais afirmam que os tópicos e as perguntas são apresentados aos entrevistados, mas as perguntas são abertas e a sequência pode ser ajustada para cada entrevistado, enquanto, as respostas dadas podem ser ajustadas com alertas e sondagens.

3.3.4 Prototipação do Produto Educacional

A prototipação do PE (a primeira versão do produto) a qual, foi organizada com base nos resultados da pesquisa exploratória, ou seja, o levantamento de conhecimentos prévios sobre a metodologia do Professor regente, o nível de aprendizagem dos alunos NV e com DV, e o nível de conhecimento prévio sobre química orgânica destes estudantes, para assim conceber e aplicar uma intervenção pedagógica, a qual corresponda ao intuito da criação do PE objetivado.

A primeira versão do PE tem capítulos sobre os princípios teóricos de Química Orgânica (ISOMERIA) sob a perspectiva de Klein (2017), os quais são abordados de forma didática e instigante e por etapas contribuindo para que os próprios estudantes construam o processo de aprendizagem desenvolvendo aos poucos os conhecimentos e os pré-requisitos necessários para resolver uma variedade de problemas. Outro capítulo teórico aborda sobre a proposta pedagógica de Ensino Baseado em Modelagem, termo traduzido da língua inglesa *modeling-based teaching* (MBT), o qual segundo Justi (2016) tem algumas formas de abordagens conforme a orientação do embasamento teórico a ser aplicado, e uma dessas abordagens é o *model generation, evaluation and modification* (GEM), ou geração, avaliação e modificação do modelo.

A seção sobre a confecção de materiais a partir das sementes e SD a ser aplicada foi descrita com informações e detalhamento suficiente para serem replicadas por professores de química.

Para uma avaliação desta primeira versão do PE foi submetida a avaliação pelos Professores Regente e Tutor (AEE) do aluno com DV por meio de uma entrevista seguindo orientações de Cohen, Manion, Morrison (2018).

3.3.5 Testagem em Ambiente de Sala de Aula

Diante da primeira versão do PE, realizamos a testagem em uma turma da 3ª série do ensino médio (25 alunos normovisuais e 01 aluno com deficiência visual), considerando a aplicação da proposta didática em seis etapas, descritas do quadro 2, cada uma desenvolvida em 2 horas-aulas (100 minutos), considerandocos estágios do EBM de Justi, demonstradas no diagrama do "Modelo de Modelagem" (figura 1).

Quadro 2: Etapas da Sequência didática com base no "Modelo de Modelagem"

Etapas/Aulas	**Descrição**	**Relação com o Diagrama "Modelo de Modelagem"**
Etapa1	Conceituação e apresentação dos modelos e seu uso nas ciências e na química, diferenciar modelo e modelagem, fazer uso de conceitual e representacional de fórmulas estruturais de compostos orgânicos.	Estágio 1
Etapa 2	Oficina para a confecção dos modelos a partir das sementes amazônicas, tucumã (*Astrocaryum vulgare*), açaí (*Euterpe oleracea*) e bacaba (*Oenocarpus bacaba*), com base nos conceitos e fenômenos envolvidos na química orgânica, e avaliação prévia pelos alunos NV e DV.	Intersecção do Estágio 1 com Estágio 2.
Etapa 3	Aula expositiva sobre isomeria espacial, com uso de modelagem 3D, a partir do artefato confeccionado na	Estágio 3.

	aula 2. Desenvolver habilidades de montagem e avaliação de modelos por representacional em modelos.	
Etapa 4	Modelagem para aplicar isomeria espacial cis/trans, E/Z, com modelo em sementes. Avaliação da aprendizagem.	Intersecção do Estágio 3 com Estágio 4. Seguir ao Estágio 4, caso aprovado pelos estudantes.
Etapa 5	Modelagem para aplicar isomeria espacial óptica, com modelo em sementes. Avaliação da aprendizagem.	Intersecção do Estágio 3 com Estágio 4. Seguir ao Estágio 4, caso aprovado pelos estudantes.
Etapa 6	Autoavaliação pelos estudantes, sobre a sua aprendizagem em estereoquímica e EBM, assim como avaliação do Professor Regente.	Estágio 4. Reiniciar o ciclo de estágio do "Modelo de Modelagem" se necessário ajustes ao processo de modelagem.

Fonte: Carvalho (2023)

A aplicação de entrevista semiestruturada ao grupo de alunos do qual participou o aluno com DV, foi aplicada em aulas com presença do Professor Regente e Professor Pesquisador.

3.3.6 Avaliação do Produto Educacional

Um total 04 professores de Química, que possuem experiência com o 3º ano do Ensino médio, responderam ao instrumento de validação de Produtos Educacionais, o qual foi elaborado segundo as orientações de Rosa e Souza (2023). Este instrumento foi dividido em seis eixos de avaliação, com um total de 25 critérios afirmativos. O instrumento apresenta uma breve caracterização dos participantes e a avaliação com pontuações de 1 a 4 em escala do tipo Likert que varia de 4 (concordo totalmente) até 1 (discordo totalmente), além disso, o instrumento apresenta espaço para comentários aos itens que o avaliador discorda ou concorda parcialmente.

3.3.7 Análise de dados

Os dados qualitativos gerados pela aplicação dos instrumentos de coleta, como observação, diário de campo e entrevistas, foram organizados e analisados criteriosamente. Em seguida, foram realizadas as interpretações e inferências, alinhadas aos objetivos de investigação de cada etapa da pesquisa. Esses resultados foram então apresentados em quadros, tabelas e gráficos.

Os dados coletados de forma objetiva foram tratados por meio de estatística básica, com cálculos de frequência e gráficos em uma abordagem exploratória.

Para o formulário aplicado aos professores especialistas para validação do PE, utilizou-se uma medida quantitativa para avaliar o conteúdo, utilizando o índice de concordância. Esse

índice foi calculado somando-se as respostas “concordo totalmente” e “concordo parcialmente”, dividindo pelo número total de respostas, e multiplicando por cem. Considera-se o conteúdo do instrumento válido quando se obtém um valor de concordância entre os juízes de 90% ou mais (ALEXANDRE; COLUCI, 2011).

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

4.1 Bases da Pesquisa

Esta pesquisa visou desenvolver um PE para o ensino de inclusivo de estereoisomeria. Para chegar aos resultados esperados foram necessário diálogos teóricos e metodológicos baseados em leituras de obras de autores relevantes ao tema.

Um teórico importante neste percurso foi Klein (2017) o qual sinaliza que química orgânica não deve ser pautada na simples memorização de conceitos, mas sim na aplicação constante de princípios que auxiliem na resolução de problemas. Neste contexto, o professor deve saber fazer as perguntas corretas, conduzindo os alunos a buscarem as respostas por si mesmo, ainda que isso resulte em exaustão e frustração, pois é mais impactante aprender com erros e acertos, e não somente com a representação dos sucessos.

Daí, a aprendizagem transita por diversos fatores, porém o mais marcante aqui nesta pesquisa é fato do aprender sem ver, com isso é possível trazer a contribuição de Mól (2019) que relata a inclusão de pessoas com alguma deficiência, ou mesmo limitação, historicamente difícil, e isso inclui os processos sociais, onde na atualidade ainda há muito o que evoluir no ensino inclusivo no Brasil, pois estamos mais próximos da integração, do que realmente da inclusão. Até temos uma legislação bem avançada, mas na prática os aparelhos sociais não funcionam para que as leis sejam cumpridas.

Logo chega ao cerne da discussão sobre o ensino inclusivo, onde resolvi enfatizar a inclusão de cegos, construindo um discurso a partir de Vygotsky (2007) com a mediação como meio do homem se relacionar com o ambiente, com uso de instrumentos para entender o meio e atuar sobre ele tal que o transforme, conforme a suas necessidades. Aqui, posso fundamentar que o trabalho desta pesquisa só teve o efeito planejado, se o participante com DV realmente estiver incluído no processo de ensino e de aprendizagem, junto com seus pares NV, pois só há inclusão com a participação de todos.

Além do mais, Vygotsky (2022) enfatiza que a capacidade de aprender e evoluir de um estudante com DV, ou de qualquer pessoa com alguma deficiência, não é diferente das outras taxadas como normais, apenas há a necessidade de adaptação da forma como a realidade criada é apresentada a ela.

Então, diante dessas variáveis é tomado a decisão de aplicar como metodologia de abordagem a pesquisa qualitativa, com observação participante, já que Yin (2016) relata que

neste tipo de pesquisa é necessário desenvolver competências como “escutar”, “fazer boas perguntas”, “conhecer seu tema de estudo”, “cuidar de seus dados”, “executar tarefas paralelas”, “perseverar”. Portanto, trabalhar em pesquisa social, ou de ensino, é percorrer sendas desconhecidas e, provavelmente, ser surpreendido a cada dia com o novo e a eventual correção de curso, para obter o resultado mais próximo do objetivado.

4.2 Análise da Pesquisa Exploratória

Neste contexto, foi aplicado uma entrevista estruturada (quadro 3) com o professor regente, ainda no ano letivo de 2022, onde o aluno com DV estava cursando a 2ª série do ensino médio, sem o contato com o objeto de conhecimento da química orgânica, objeto deste trabalho.

Quadro 3: Entrevista com o professor regente.

1- Quanto **tempo (letivo)** o aluno Aureliano dos Santos, deficiente visual (DV) é seu aluno? 2- Como é o **comportamento** do aluno DV nas aulas do componente química? 3- Como avalia a **participação** do aluno DV nas aulas do componente química?] 4- Como avalia a **aprendizagem** do aluno DV nas aulas do componente química? 5- Quais recursos didáticos utiliza em suas aulas? 6- A escola dispões de recurso didático utilizado, especificamente, para atender ao aluno DV? (caso SIM, qual(is)?) 7- Qual(is) método(os) é/são aplicado(os) para avaliar a turma em que o aluno DV está inserido? 8- Existe algum método de adaptação para a avaliação do aluno DV? 9- Qual o rendimento médio da turma onde o aluno DV está inserido? 10- Qual o rendimento médio do aluno DV?

Fonte: Carvalho (2022)

A partir da entrevista, o professor regente relatou que o aluno com DV é seu discente há 2 anos letivos (2021-2022), o descrevendo como: “*tímido, o que exige muitas vezes uma conversa mais próxima dele ou acompanhado de alguém com quem ele tenha mais intimidade*”, complementando a necessidade do controle maior do comportamento dos outros alunos da turma para obter algum rendimento em sala, mas que quando acompanhado pelo profissional do Atendimento Educacional Especializado (AEE) ele fica mais atuante, todavia segregado da turma.

No relato antecedente, há pontos sensíveis ao ensino inclusivo, como na relação do aluno com deficiência com o ambiente escolar e seu desenvolvimento quanto a aprendizagem, onde segundo Vygotsky (2009) a interação do homem com a sociedade os transformam e, segundo Mól (2019) a escola é o espaço mais apropriado para o aprendizado, oportunizando o professor atuar de forma direta no desenvolvimento do aluno, proporcionando aprendizagens mais significativas. Daí uma das justificativas de manter um estudante com DV em contato com todo

o meio e processo de ensino, portanto acredita-se que a segregação do aluno cego, não é salutar a seu desenvolvimento.

Contudo, o professor avalia a aprendizagem do aluno com DV satisfatória, quanto à componente Química, onde é utilizado como recurso didático-pedagógico "*apostila, pincel, quadro, aula experimental e a tabela periódica*", e quanto ao uso de recursos didáticos apropriados ao ensino de pessoa com DV, o professor afirma usar "*aula (áudio), experimento e tabela periódica em braile*".

A adaptação de materiais e avaliações está em consonância com Mól (2019, p.119) pois "a atuação docente se relaciona ao compromisso de prover diferentes contextos pedagógicos interativos de maneira intencional e planejada, contribuindo com o desenvolvimento individual e coletivo", já que é papel do professor mediar as relações com aluno, e entre os alunos, para eles se apropriarem do conhecimento e modificar sua relação com a realidade.

Em continuidade, sobre o processo de avaliação do rendimento da turma o professor emprega "*avaliação impressa, experimental e oral*", utilizando especificamente para o aluno cego, adaptação em braile e áudio, assim como a percepção por meio do tato em trabalhos experimentais, e diz que o aluno com DV tem rendimento escolar em química igual aos demais alunos da turma.

Por fim o professor regente, destacou que o aluno com DV foi muito ausente no ano letivo de 2022, isso dificultou a avaliação com mais assertividade sobre o rendimento do estudante.

O professor do AEE que faz o acompanhamento do aluno com DV, ressaltou que o estudante ainda se encontra aprendendo o braile, logo não domina leituras mais aprofundadas na língua citada, é realmente muito introvertido, o que o leva a dar poucas respostas mesmo sendo estimulado, existindo a probabilidade de o discente ter evoluído compulsoriamente até acessar o ensino médio.

Assim, a pesquisa perpassou pela observação sobre o fenômeno estudado, pois conforme Yin (2016) faz parte da pesquisa qualitativa conhecer a vida real daqueles que serão participantes da pesquisa, daí é possível começar a compreender o processo de ensino e aprendizagem onde estão inseridos.

Desta forma, foi ambiente da pesquisa uma escola pública da periferia da cidade de Macapá, a capital de estado do Amapá, situado na Amazônia, com as limitações de uma escola pública inserida nesta Região do Brasil. Os alunos ficam alocados em uma sala de aula

climatizada, com boa iluminação e provida de quadro branco, cadeiras e mesas individuais para os estudantes, além de mesa e cadeira para o professor regente, porém sem nenhum equipamento de áudio ou vídeo para auxiliar na prática pedagógica do professor regente, conforme a sala de aula é apresentada na figura 10.

Figura 10: Sala de aula turma 3201.

Fonte: Carvalho (2023)

O objeto de conhecimento desenvolvido pelo professor regente foi a isomeria constitucional (plana), e durante as aulas expositivas dialogadas desenvolvidas pelo docente foi observado que os alunos possuem um bom nível de compreensão dos conceitos de química orgânica, a conseguir, por exemplo: identificar classificação de cadeias carbônicas, fórmulas estruturais e moleculares, além de nomenclaturas. Registra-se também, que há alunos que não participam da aula, que pode ser por desconhecimento das habilidades que permeiam a compreensão da química orgânica, outros por introspecção diante da possibilidade de errar frente de seus pares, tudo por dedução do observador.

Do que se observou, em aula expositiva dialogada, os alunos se mantiveram com excelente atenção, o professor regente utilizou da técnica de repetição verbal e demonstração em escrita e desenhos de cadeias no quadro branco, considerando sempre o sentido de visão em duas dimensões (2D) dos compostos orgânicos, sem aplicar em aula nenhuma técnica ou direcionamento ao aluno cego, que é único, onde geralmente encontra-se como ouvinte, sentado ao centro da sala e a frente de seus colegas, inviabilizando, neste momento, inferir o nível de compreensão da química orgânica pelo aluno com DV.

4.3 Prototipação do Produto Educacional

Na fase da pesquisa exploratória, os dados permitiram idealizar um PE, com uma sequência didática envolvendo estereoisomeria, com EBM de acordo com Gilbert e Justi (2016), utilizando como artefato um modelo em 3D feito a partir de sementes de açaí, bacaba e tucumã, confeccionados pelos estudantes em processo colaborativo. A partir da análise do professor regente, do professor do AEE e do pesquisador, foi elaborado um protótipo de

modelos táteis com as referidas sementes, para oportunizar o professor da turma pesquisada um contato direto com o artefato da modelagem, pois a expertise dele junto ao aluno com DV foi importante para o desenvolvimento dos próximos passos da pesquisa.

O momento de confecção do artefato é cercado de cuidados, pois é necessário atenção na escolha dos materiais e instrumentos de apoio, tal que eles ofereçam o menor risco possível de causar lesões aos estudantes, que futuramente terão que construí-los com as próprias mãos. Isto posto, foram escolhidos como materiais as sementes citadas e hastes de madeira para algodão doce, já como instrumento de apoio a confecção: trena, estilete escolar, broca para metal (2,5 mm), parafusadeira/furadeira a bateria (a potência de trabalho é menor) e pontas de esmeril para furadeiras, conforme figura 11.

Figura 11: Instrumentos de apoio.

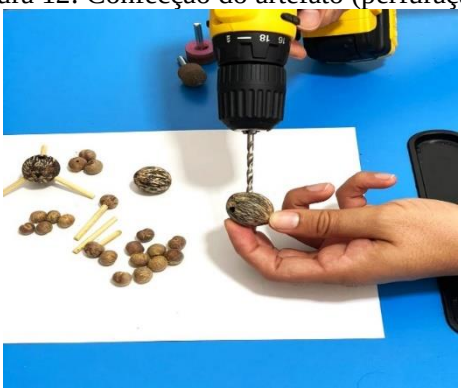
Fonte: Carvalho (2023).

Em resumo, a confecção ocorre com a coleta das sementes, secagem ao sol, limpeza e raspagem delas, lixamento com ponta de esmeril (pode ser lixa manual), seleção por tamanhos diferentes, neste as de tucumã têm diâmetros de 3,45 cm, 3,10 cm, 2,55 cm; as de bacaba com diâmetro de 1,40 cm; as de açaí com diâmetros de 1,30 cm, 1,10 cm e 0,90 cm.

Esses tamanhos diferentes das sementes, facilitam a diferenciação representativa dos átomos, que possuem raios atômicos e volumes atômicos diferentes, especialmente ao toque dos alunos.

Em seguida perfurar (figura 12) respeitando algumas distâncias e posicionamentos que serão importantes, tanto para o encaixe das hastes cortadas em tamanhos diferentes (2,5 cm; 3,0 cm; 4,0 cm) como a correspondência dos distanciamentos de nuvens e ângulos de geometria molecular.

Figura 12: Confecção do artefato (perfuração).



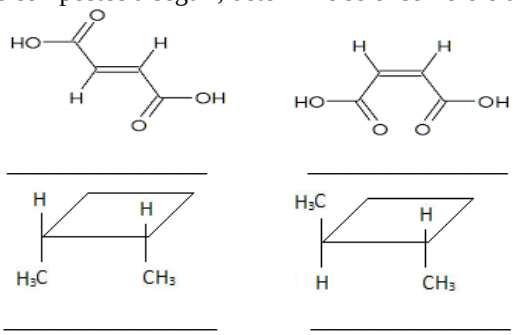
Fonte: Carvalho (2023).

Para tanto, fez necessário a opinião, do Professor Regente, sobre a viabilidade de aplicação de aula dirigida, com aplicação de ficha de avaliação de aula (quadro 4) baseada em problemas conforme Klein (2017), pelo professor regente.

Quadro 4: Ficha de avaliação de aula.

Problema 1: A **isomeria espacial geométrica** ocorre tanto em estruturas abertas, quanto em estruturas fechadas, desde que seja respeitada algumas condições. Assim, quais as condições para ocorrer a isomeria espacial geométrica, **para cadeias abertas** e **para cadeias fechadas**?

Problema 2: Para cada um dos compostos a seguir, determine se o isômero é *cis* ou *trans*:



Problema 3: A isomeria é o fenômeno que é possível ter estruturas diferentes para a mesma fórmula molecular, e a partir desta informação, desenhe as fórmulas estruturais a partir das nomenclaturas a seguir:

a) (*cis*)etenodiol: b) (*trans*)etenodiol

Problema 4: Construa os modelos, utilizando o material do kit 3D, para representar as estruturas desenhadas no problema 3.

Fonte: Carvalho (2022)

Suas impressões foram boas e houve concordância dele, da positividade em aplicar a ficha aos alunos da turma dentro do tempo de uma aula, que na rede pública amapaense é de 50 minutos/aula. A avaliação indicou que os comandos escritos para cada situação problema estavam de acordo com a proposta da aula, incluindo a necessidade dos estudantes construírem o modelo conforme descrito em um dos problemas da ficha de avaliação.

No entanto, surgiu uma observação importante, o aluno com DV enfrentou dificuldade com a leitura. Para superar esse desafio, há necessidade de uma interação entre os estudantes

da turma, para haver trabalho colaborativo, especialmente para descrição verbalizada aos colegas normovisuais e coleta das impressões e respostas do participante com DV.

O protótipo do artefato também foi analisado e as impressões do professor foram coletadas em uma ficha de avaliação do modelo 3D (Quadro 5), onde foi possível a manipulação de 2 modelos, um deles apenas com a contemplação espacial da geometria molecular de um carbono sp^3, denominado “modelo 1” (figura 13), e outro representando a estrutura molecular do (cis/trans)etanodiol, denominado “modelo 2” (figura 14).

Quadro 5: Ficha de avaliação do modelo 3D.

<table>
<tr><th colspan="5">Avaliação do modelo 3D</th></tr>
<tr><td colspan="5">1. O que você gostou/não gostou no modelo?</td></tr>
<tr><td colspan="5">2. Como você avalia a qualidade do modelo?</td></tr>
<tr><td>( ) Ruim</td><td>( ) Regular</td><td>( ) Bom</td><td colspan="2">( ) Excelente</td></tr>
<tr><td colspan="5">3. Como você avalia a qualidade da audiodescrição do modelo?</td></tr>
<tr><td>( ) Ruim</td><td>( ) Regular</td><td>( ) Boa</td><td colspan="2">( ) Excelente</td></tr>
<tr><td colspan="5">4. Como você avalia o tamanho do modelo?</td></tr>
<tr><td>( ) Ruim</td><td>( ) Regular</td><td>( ) Bom</td><td colspan="2">( ) Excelente</td></tr>
<tr><th colspan="5">Avaliação do desempenho da exploração tátil do modelo</th></tr>
<tr><td>Modelo</td><td>Tempo de exploração</td><td>Reconhecimento do modelo (sim/não)</td><td colspan="2">Observação</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="5">Qual modelo foi o mais fácil/difícil de entender?</td></tr>
</table>

Fonte: Adaptado de Ferreira *et al* (2021).

Figura 13: Modelo 1.

Fonte: Carvalho (2022).

Figura 14: Modelo 2.

Fonte: Carvalho (2022).

Aqui o professor regente, contribuiu que é bom a ideia do sociointeracionismo dos alunos para a produção dos modelos, sendo excelente a possibilidade de distinção dos átomos pelo tamanho das sementes, e também excelente o tamanho dos modelos táteis, com dimensões que vão de aproximadamente 10 cm a 20 cm de comprimento, ao considerar medições lineares.

Apesar do processo de avaliação dos modelos ocorrer em um intervalo de tempo superior a uma 1 hora, o avaliador prévio precisou de 10 segundos para reconhecer os modelos, quanto ao que eles representavam, considerando o "modelo 1" mas fácil de ser identificado, contribuindo criticamente para o desenvolvimento melhor das distâncias interatômicas do "modelo 2", além de verbalizar se seria possível desenvolver, ou acrescentar outros materiais na representação das ligações, para poder representar melhor as repulsões das nuvens eletrônicas.

Doravante as considerações do Professor Regente do aluno cego, no ano letivo de 2022, quando estudava a 2ª série do ensino médio, considerando as adaptações propostas pelo pesquisado, e após esperar o período de desenvolvimento letivo no ano de 2023, em que o aluno cego estava estudando a 3ª série do ensino médio, ainda fora dos moldes do Novo Ensino Médio, preconizado pela nova BNCC (2018), a pesquisa seguiu seu caminho, agora em novo

ano letivo, no momento do 2º bimestre, com o desenvolvimento do objeto de conhecimento isomeria.

Foi seguido o rito de pesquisa projetado, com poucas adequações devido a brevidade do tempo disponibilizado pelo novo Professor Regente, e uma peculiaridade de calendário local comprometido por algumas paralizações, e greve, na rede de ensino estadual do Amapá.

Para entender melhor o processo de ensino e aprendizagem com o objeto de conhecimento isomeria espacial, a partir do ponto de vista do professor regente, foi aplicado uma entrevista semiestruturada que por Yin (2016) é o método mais utilizado em pesquisa educacional, pois traz consigo um caráter dialógico entre o entrevistado e entrevistador, proporcionando uma relação social entre os envolvidos, isso pode ser conduzido por um roteiro, porém oportuniza flexibilidade de respostas para enriquecer o trabalho.

A entrevista foi pensada conforme o quadro 6, com objetivo direto na prototipação do artefato representacional de moléculas em 3D e nas percepções do professor quanto a aprendizagem dos alunos, incluindo o aluno cego, com aparente indução de respostas sobre o artefato final do modelo 3D a ser manipulado pela turma e questões abertas para opinar sobre a qualidade do artefato e futura aplicação com os alunos da turma pesquisada.

Quadro 6: Questões para entrevista com Professor Regente

1. Como você avalia a qualidade (textura, acabamento, geometria, ângulos, comprimento das ligações) dos modelos?

Excelente	Bom	Regular	Ruim

2. Como você avalia o tamanho dos modelos?

Excelente	Bom	Regular	Ruim

3. Construa alguns modelos com as peças disponibilizadas. Quais aspectos você considera como positivos e negativos dos modelos construídos por você?
4. Você acha que os modelos podem ser utilizados em sala de aula para o ensino de isomeria, considerando o uso de alunos normovisuais e com deficiência visual? Comente.
5. Você considera que é possível perceber as diferenças entre os isômeros, considerando o uso do artefato com alunos normovisual e com deficiência visual? Comente.
6. Você acredita que os alunos conseguirão indicar a fórmula molecular destes compostos a partir dos modelos?
7. Com as sementes disponibilizadas é possível construir modelos de moléculas orgânicas, com propriedades da isomeria espacial? Comente.
8. Qual(is) molécula(s) é/são possível(is) montar e representar com o número de peças disponibilizadas?

Fonte: Carvalho (2023)

Assim, de início o professor regente avaliou a qualidade dos modelos, conforme questões 1 e 2 da entrevista, como excelente. Aqui como se trata de uma visão objetiva sobre

uma percepção particular do avaliador do material, não coube ao pesquisador fazer qualquer inferência, a não ser aceitar o fato da constatação do avaliado.

A partir da questão 3 da entrevista, o professor regente ficou com mais liberdade para relatar suas percepções mais específicas, considerando como ponto positivo "*que o os modelos representam significativamente algumas moléculas simples que se deseja estudar*", e como ponto negativo "*o tamanho dos átomos representados pelos caroços de tucumã podem ser muito próximos, dificultando a representação de algum modelo em que esses tamanhos tenham que ser muito diferentes*", assim como sugeriu acrescentar algum tipo de textura para identificação de caroços com proximidade de tamanhos, com a intenção de facilitar a identificação de átomos diferentes pelo aluno cego.

Considerações importantes a esta etapa da execução do projeto de pesquisa, pois a expertise do professor nos aproxima da excelência que se pretende atingir com o produto educacional, acrescentando detalhes importantes não observados pelo pesquisador e, consequentemente pode gerar um resultado mais satisfatório a pesquisa, já que adaptação de materiais e avaliações está em consonância com Mól (2019, p.119) pois "a atuação docente se relaciona ao compromisso de prover diferentes contextos pedagógicos interativos de maneira intencional e planejada, contribuindo com o desenvolvimento individual e coletivo"

Sobre a questão 4 da entrevista, o professor de química participante da pesquisa, considerou o modelo próprio ao uso com isomeria, ressaltando que os modelos são muito próximos dos comerciais disponíveis, no entanto a facilidade de encontrar o material alternativo e com fácil identificação tátil, torna o artefato citado neste trabalho atrativo, por ter caroços de tamanhos diferentes e ligações enfatizadas pelos palitos. Todavia, essa resposta leva a reflexão conjunta a resposta da questão 5, onde o docente relata: "*Com os alunos normovisuais essa percepção é significativa e facilitada. Já com o aluno cego seria necessário um letramento prévio*", ou seja, quanto ao uso pelo estudante cego, é necessário ter o cuidado de fazer um trabalho de letramento científico diferenciado, para que a percepção do tato, seja equivalente a tradução de átomos, quanto ao tamanho atômico, posicionamento relativo a outros átomos, assim como possibilidades de geometrias a partir das valências atômicas.

O exposto anterior leva a uma reflexão a partir de Mantoan (2003, p.38) onde relata que "as dificuldades e limitações são reconhecidas, mas não conduzem nem restringem o processo de ensino, como comumente se deixa que aconteça", pois é necessário atender às diferenças dos estudantes, rompendo com o ensino transmissivo, e tratar o ensino com uma pedagogia ativa, dialógica, interativa e integradora.

Consequente as considerações anteriores, na questão 6, a resposta do professor sobre a identificação de fórmulas moleculares pelos alunos, a partir do modelo 3D proposto foi que "*Sim, desde que os tamanhos e cores dos elementos que fazem parte de determinada molécula sejam padronizados previamente*", explicita a opinião dele quanto a necessidade de criar um meio de padronizar e traduzir os significados de cada semente, quanto ao uso delas como representação atômica, e junto a resposta dada a questão 7 da entrevista, em que relata que a quantidade de sementes deve ser mais abundante, com o objetivo de proporcionar amplitude representacional das moléculas orgânicas com ligantes poliatômicos, o que foi considerado pertinente e acatado, pois há moléculas complexas de enantiômeros e diasteroisômeros.

Daí o professor de química regente da turma enfatizou que os isômeros geométricos serão mais fáceis de representar pelos modelos citados, conforme o relato do docente: "*aqui cabe citar que compostos isômeros de ligação dupla podem ser bem explorados com esse tipo de material, com uma abordagem significativa de isômeros cis-trans e isômeros E/Z mais simples*"; isso tudo corrobora com klein (2017) que relata o ensino de estereoquímica como muito visual e devido a diversos conceitos e fenômenos que incorrem no comportamento espacial de uma molécula, requer a habilidade de compreender informações iniciais de representações para a compreensão de outros fenômenos, próprios que envolvem este ramo da química orgânica.

O Professor do AEE, também foi consultado, por meio de um instrumento de entrevista nos moldes aplicados ao Professor Regente, conforme o quadro 7.

Quadro 7: Questões para Entrevista com o Professor do AEE.

1. Como você avalia a qualidade (textura, acabamento) dos modelos?

Excelente	Bom	Regular	Ruim

2. Como você avalia o tamanho dos modelos?

Excelente	Bom	Regular	Ruim

3. Quais aspectos você considera como positivos e negativos dos modelos construídos?
4. Você acha que os modelos podem ser utilizados em sala de aula para o ensino de isomeria, considerando o uso de alunos normovisuais e com deficiência visual? Comente.
5. Você considera que é possível perceber as diferenças entre os isômeros, considerando o uso do artefato com alunos normovisual e com deficiência visual? Comente.
6. A partir de sua expertise, quais possibilidades de ajustes/aperfeiçoamentos considera pertinente aos modelos que serão aplicados com os alunos em processo inclusivo (normovisuais e DV)?

Fonte: Carvalho (2023)

O Professor considerou que a qualidade e tamanho dos modelos aplicados para a prototipação são bons, discorrendo sobre pontos positivos e negativos, com as suas palavras:

"*Material utilizado acessível; material concreto facilitadora aprendizagem; apenas fazer ajustes nos tamanhos das sementes para facilitar a diferenciação entre elas, o uso de texturas diferentes também ajudaria neste processo, além da tábua com as legendas em braile*".

Neste ponto relatado existe concordância com Mól (2019, p.80) referente a "utilização de tecnologias assistivas, a experimentação num enfoque multissensorial e a elaboração de materiais adaptados e modelos didáticos, que acabam por favorecer a aprendizagem de outros alunos", refletindo uma preocupação com o ensino e a aprendizagem única entre alunos NV e com DV, princípio do ensino inclusivo.

Na questão subsequente (questão 4), após uma breve explanação sobre isomeria, foi lhe perguntado da opinião ao uso dos modelos para o ensino de isomeria, o foi dada a resposta: "*Sim! Estes modelos possibilitam uma interação dos alunos com o conteúdo ensinado contribuindo com a compreensão das estruturas por todos, em especial dos alunos com DV*"; que em complemento as questões 5 e 6 nortearam a aplicação da pesquisa e ulterior análise dos resultados obtidos.

A saber, as respostas quanto a possível percepção as diferenças entre isômeros, que o Professor respondeu: "*Sim, A maioria das estruturas são perceptíveis*"; porém com sua expertise em materiais adaptados, considerou: "*O uso de sementes em tamanhos um pouco mais diferentes e o uso de texturas para diferenciar melhor uma das outras. O uso de uma tábua com todos os componentes e suas respectivas legendas em braile, ajudaria na autonomia para os alunos com DV*".

As opiniões e impressões deste profissional são importantes, pelo fato da sua vasta experiência com materiais e adaptações de materiais para o ensino dos estudantes com DV, e associada as considerações do Professores Regente, complementaram-se na condução da execução do trabalho de campo.

Segundo Mantoan, em desenvolvimento sobre a necessidade de formação continuada a profissionais do ensino,

> "Assim como qualquer aluno, os professores não aprendem no vazio. Por isso, a proposta de formação parte do "saber fazer" desses profissionais, que já possuem conhecimentos, experiências e práticas pedagógicas ao entrar em contato com a inclusão ou qualquer outra inovação educacional." (MANTOAN, 2003, p.44)

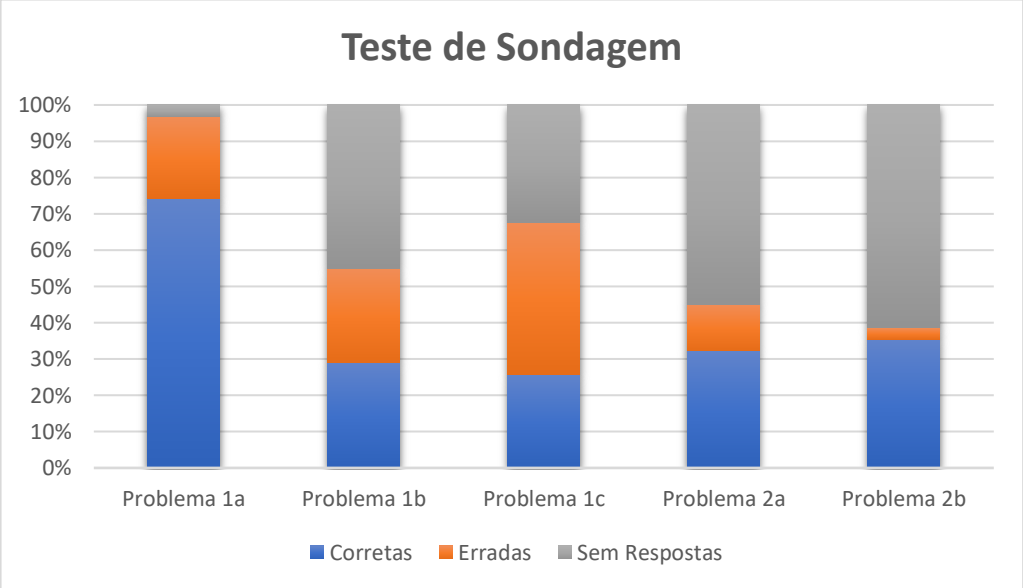
Apesar de falar de formação continuada, remete ao fato que a soma das expertises, de um lado a competência e habilidades próprias à química, se complementam as competências e habilidades do dito ensino especial, para uma visão mais ampliada e tentar chegar ao ensino inclusivo de química orgânica, com ênfase nos objetos de conhecimento da isomeria.

4.4 Testagem em Ambiente de Sala de Aula

Desta forma, a observação ao fenômeno estudado já iniciada quando na entrevista com os Professores participantes, avançou aos discentes, com uma coleta de dados mais aprofundada, sobre como anda o aprendizado do objeto de conhecimento isomeria, com a aplicação de entrevista em formato de teste de sondagem, conforme anexo B, já que Yin (2016) destaca a importância de entrevistas e conversas para a percepção do estudo em loco, e acrescento a necessidade de vislumbrar o andamento da aprendizagem.

Os resultados do teste de sondagem estão quantificados no gráfico 1, disposto de análise na sequência.

Gráfico 1: Entrevista para sondagem.



Fonte: Carvalho (2024)

O teste de sondagem foi aplicado após as aulas ministradas pelo Professor Regente da turma, constando dois problemas, o primeiro problema com três itens e o segundo problema com dois itens. A intenção foi averiguar a aprendizagem dos estudantes participantes quanto aos conceitos mínimos, ou básicos, como giro livre no eixo da ligação, tipo de ligação química entre carbonos e átomos organógenos, condições para a ocorrência de estereoisomeria, leitura de fórmulas químicas (moleculares e estruturais), noção espacial, descrição de fórmulas com noção tridimensional.

A leitura quantitativa indica que os estudantes em maioria, próxima de 75%, conseguem distinguir que carbonos ligados por ligação simples, possuem giro livre, isso é importante, pois há uma impossibilidade de determinar o posicionamento de ligantes em carbonos diferentes, se

estão no mesmo lado, ou em lados diferentes do plano de corte/simetria da molécula, fator predominante a identificação de isomeria espacial geométrica em cadeias carbônicas abertas.

No entanto, quando considerado o problema 1, item b, verifica-se uma total inversão de resultado, ou seja, aproximadamente 75% dos alunos desconhecem o fator de ocorrência da isomeria espacial geométrica em cadeias abertas, inclusive este resultado corrobora com os dados obtidos no item c, do mesmo problema, já que praticamente a mesma taxa de alunos não conseguiu desenvolver fórmulas moleculares e estruturais das figuras utilizadas no problema 1.

Quando analisado os dados referentes ao problema 2, no item a é notório que os discentes em maioria, aproximada em 65%, não conseguem distinguir o que é carbono quiral, ou não conseguem identificá-lo em uma fórmula estrutural, com a mesma taxa há alunos que não conseguem replicar um desenho de bastão, ou bolas, que represente uma estrutura de molécula orgânica.

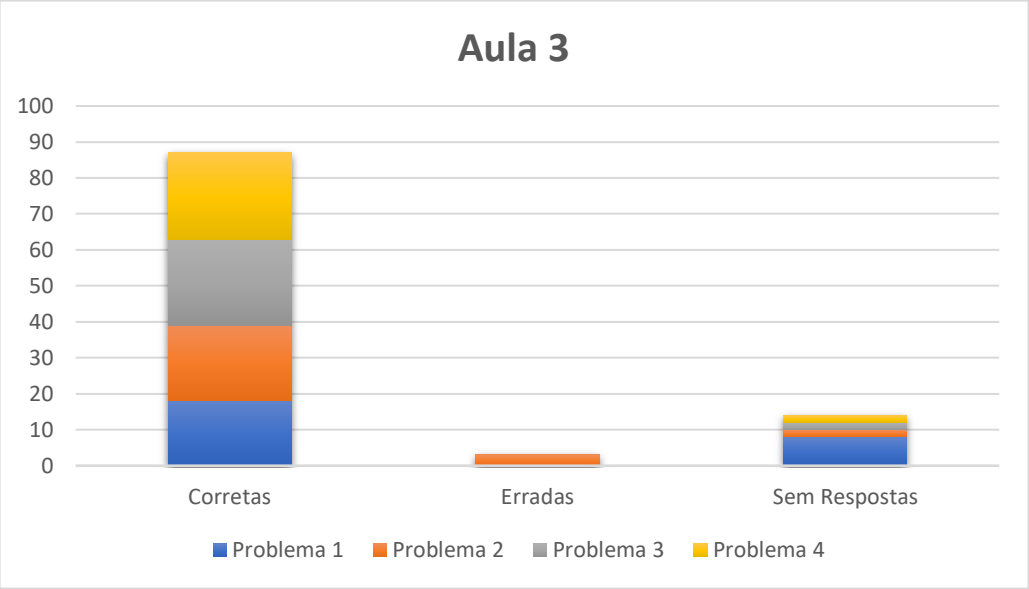
Logo, ascendeu a necessidade de mitigar o desentendimento entre conceitual e simbólico, para aplicação da modelagem, devido a necessidade do aporte de modelos mentais e descritivos para os estágios 1 e 2 da EBM, pois os estudantes têm que apresentar boa noção conceitual e representacional, especialmente sobre os estereoisômeros. Por tudo, foram ministradas mais 6 tempos de aulas, com duas aulas em cada semana no total de 100 minutos/semana, no intuito de mitigar as carências conceituais necessárias ao bom andamento da EBM proposta neste trabalho.

Em cada semana, ou 2 aulas, foram aplicados novos problemas, chamados de aula 3 (anexo C), aula 4 (anexo D) e aula 5 (anexo E), a fim de testar a aprendizagem após novas aulas expositivas, sem uso de artefatos físicos de modelos nas aulas 3 e 4, e com aplicação própria de EBM para a aula 5.

No decorrer da pesquisa, ao ministrar aula com ênfase ao objeto de conhecimento diastereoisômeros, também conhecidos como isômeros espaciais geométricos, foram abordados os conceitos como fator de ocorrência, tanto em cadeias carbônicas acíclicas, quanto em cíclicas, assim como a leitura de posição de ligantes iguais, e ligantes diferentes, importante a classificação dos mesmos em isômeros espaciais geométricos cis/trans ou E/Z.

Após aplicação de aula expositiva e dialogada, foi aplicado o instrumento de entrevista individual aos estudantes, aula 3, constando quatro problemas, abordando as habilidades: conceito, classificação, leitura e descrição de fórmulas químicas, aplicação de modelo mental. Desta forma, os dados obtidos com essa coleta, geraram os resultados expostos no gráfico 2.

Gráfico2: Problemas da Aula 3



Fonte: Carvalho (2024)

Pode ser afirmado que a aula ministrada com uso da abordagem por problemas, preconizado por Klein (2016), surte efeito positivo na mitigação do processo de aproximação entre o ensino e a aprendizagem, pois os discentes somam aproximadamente 85% de acertos, contra aproximados 2% de erros e 13% de desconhecimento, considerando resposta certas (C), erradas (E) e sem resposta (SR). Ainda assim, é perceptível que a compreensão conceitual (azul) e aplicação de classificação (laranja), foram os mais latentes quando a dificuldade de resolução dos problemas, mesmo com auxílio do Professor em sala de aula.

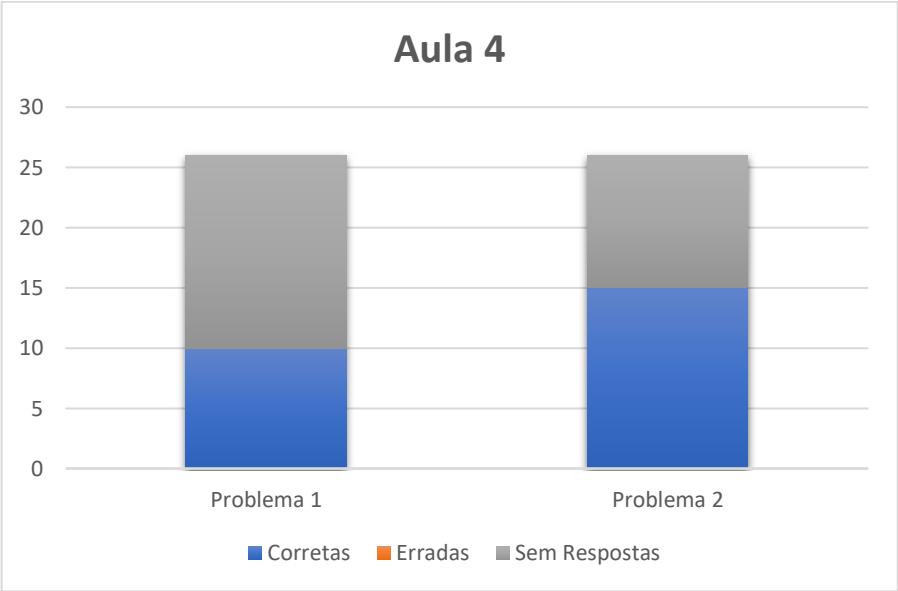
Mas temos uma quantificação importante analisada a qualificada, a leitura de fórmulas químicas (cinza) e a construção de fórmulas (amarelo), ou mapa mental traduzido em desenho, sobre os diastereoisômeros se demonstrou muito satisfatória, praticamente não impactou níveis SR, e não houve resposta E. Isso leva ao indicativo de ótima compreensão de aplicação do campo simbólico e representacional.

No entanto, não pode ser esquecido que o aluno cego, foi tratado igualmente seus pares, ou seja, foi fornecido a ele uma folha de problema, e como se tratava de uma atividade curricular individual, ele não foi ajudado por nenhum colega de turma. Todavia, o Professor Observador, resolveu então tomar notas o entrevistando verbalmente sobre os problemas, com SR obtido a todos, e anotado que ele não conseguiu compreender com exposição verbal da aula os conceitos dispostos na mesma. Mas após uso alternativo de instrumentos como canetas e pincel para quadro branco, e tratamento individualizado pelo Professor Observador, o aluno com DV, conseguiu compreender as condições para a isomeria espacial geométrica ocorrer, esboçando um sorriso ao fim da aula.

Segue a pesquisa, para a aula 4, agora abordando o conceitual do objeto de conhecimento dos enantiômeros, também chamados de isômeros espaciais ópticos, por meio de aula expositiva dialogada, ministrada pelo Professor Observador, culminado na aplicação de entrevista com dois problemas, buscando as habilidades conceituais e classificatórias.

Os dados obtidos, após tabulados conforme o gráfico 3, fundamentou a análise qualitativa.

Gráfico 3: Problemas da Aula 4



Fonte: Carvalho (2024)

Subsequente a aula, os alunos, de forma individual, responderam aos problemas indicados, com resultados que apontam uma forte dificuldade de compreensão dos conceitos sobre enantiômeros. Todavia, os resultados do problema 1, destoaram dos dados obtidos com as respostas ao problema 2, que tratava da classificação de fórmulas estruturais. Pode ser feito a interpretação da deficiência em escrever sobre nomenclaturas próprias de utilização na química orgânica, pois não houve respostas erradas, mas sim respostas certas, ou problemas sem respostas.

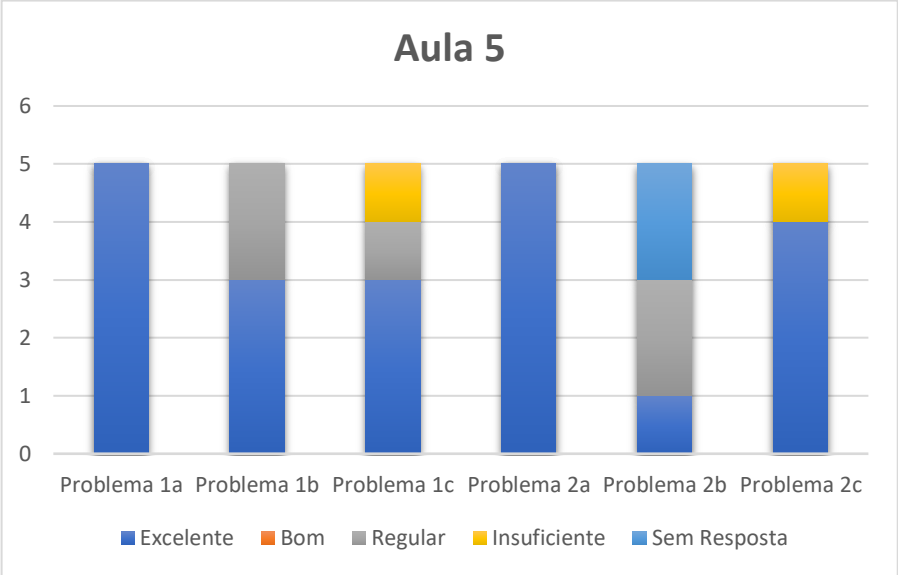
Contudo chegamos ao ponto de culminância da EBM, com aplicação de problemas que levam a construção e manipulação dos modelos 3D por todos os estudantes, e para garantir a participação inclusiva, foram estipulados 5 grupos, em um deles estava o aluno com DV, isso também enfatizaria a sociointeração, misturando estudantes com maior facilidade de aprendizagem, com outros que sentiram mais dificuldade em desenvolver as habilidades congruentes ao objeto de conhecimento isomeria.

Portanto, a aula 5, foi desenvolvida diretamente com a construção dos modelos a partir dos kits, com aplicação de dois problemas, cada um com três etapas, onde primeiro os grupos

deveriam montar uma estrutura com material dos modelos 3D correspondente a isômero, que em segunda etapa deveria ser representada no papel a fórmula molecular e em terceira etapa desenhada a estrutura, ambas correspondentes ao modelo construído na primeira etapa.

Dessa forma, a partir da aplicação dos problemas e observação durante a atividade, foram coletados os dados e tratados conforme o gráfico 4 a seguir.

Gráfico 4: Problemas da Aula 5



Fonte: Carvalho (2024)

Durante a análise dos dados obtidos, foi perceptível a desenvoltura dos estudantes em trabalhar com os modelos 3D, esta constatação tem leitura gráfica nas colunas 1a e 2a, pois todos os grupos montaram e manipularam os modelos seguindo os critérios conceituais e classificatórios da isomeria.

Já a análise das etapa de escrita de fórmulas, plotado nas colunas 1b e 2b, foi percebido alguma dificuldade por determinados grupos ocasionando respostas excelentes e regulares em maioria, um reflexo positivo quando comparado com o momento de inicial da EBM, na sondagem, além do que as respostas podem refletir um fracionamento de funções entre os integrantes do grupo, já que os alunos de ensino médio costumam estipular tarefas mais complexas aos colegas considerados com maior facilidade de aprendizagem.

Por fim desta análise dos dados referente a aula 5, a etapa de desenhar fórmulas estruturais, correspondente ao modelo 3D construído, exposto nas colunas 1c e 2c, apresentando o resultado em maioria excelente e regular, o que é positivo aos alunos normovisuais e ao aluno com DV, pois seu grupo não obteve nenhum dos resultados expresso como insuficiente. Logo, acreditamos que o resultado insuficiente aparente na análise gráfica, é proveniente da dificuldade de compreensão por uma parcela pequena dos estudantes normovisuais.

5 PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional proposto é um material didático na forma de guia didático eletrônico, com o nome "Ensinar Isomeria: a modelagem para incluir, usar sementes para aprender", a ser destinado a Professores de Química do Ensino Médio.

Esse PE tem relevância social, econômica e ambiental, pois se trata de um material didático norteador ao ensino e aprendizagem de estudantes com DV, em ambiente inclusivo, ou seja, junto a estudantes NV, envolvendo vários atores do processo educacional, como Professor regente, Professor do AEE, e todos os estudantes disponíveis a participarem, com uso de artefato tátil em 3D, concebido de sementes de frutos amazônicos, o que além de trazer a regionalidade para as aulas de química na Amazônia, tem um apelo sustentável.

A aplicação do projeto na cidade de Macapá, capital do Estado do Amapá, onde foi desenvolvido dentro de sala de aula em escola pública da rede estadual de ensino. Originou PE para contribuir no ensino e aprendizagem de estereoisomeria para alunos NV e com DV, por meio do uso de artefatos de modelos em 3D, combinando SD com EBM, com potencial de replicabilidade por docentes de química, ou até de biologia, que necessitem de adaptações de aulas para alunos com DV.

Em seguida o PE foi submetido à avaliação prévia do docente regente da turma, e pelos próprios alunos participantes da pesquisa, e após ajustes necessários, foi direcionado a avaliação por público-alvo, a fim de obter a validação por pares, por 4 professores de química. A partir dessa validação, e novos possíveis ajustes, submeteu a banca examinadora da dissertação.

A organização do PE é em 3 capítulos. O capítulo 1, com abordagem teórico sobre isomeria e referencial pedagógico. No capítulo 2, o resumo sucinto sobre ensino baseado em modelagem, na proposta da pesquisa, além de descrição sobre elaboração, condução, concepção e construção dos artefatos de modelo em 3D utilizando sementes de frutos. No capítulo 3, como executar da proposta de SD em 6 etapas.

Portanto, foi pretendido a entrega de um PE exequível e replicável, que possa auxiliar o trabalho de outros profissionais do ensino de química e, o mais importante, auxiliar no desenvolvimento dos estudantes envolvidos.

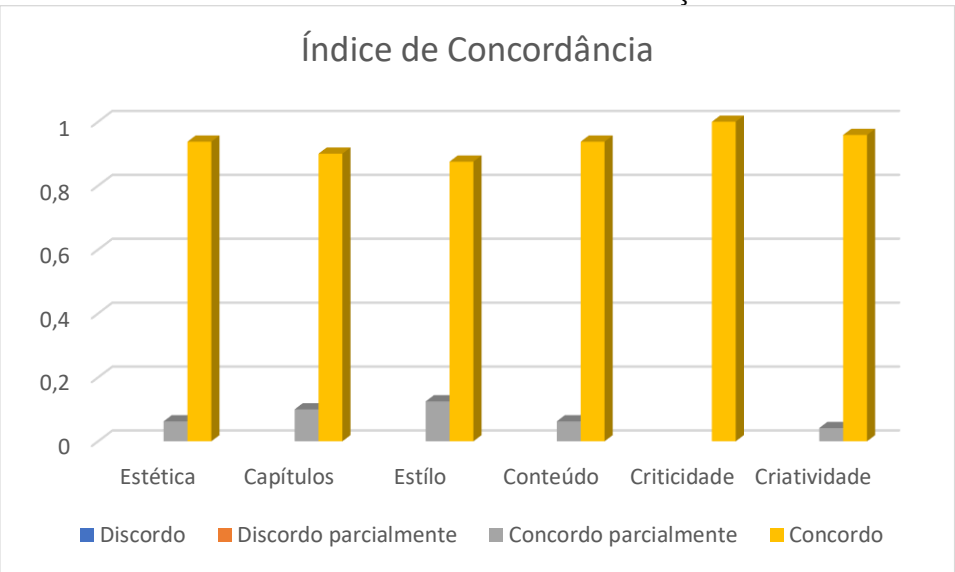
5.1 Avaliação por painel de especialistas

O Produto Educacional foi validado por especialistas graduados em Ciências Naturais com Habilitação em Química e Licenciados em Química, dos quais um possuía título de mestre, dois com título de especialista e um graduado. Quanto à atividade profissional, todos possuíam

experiência com o ensino de Química no Ensino Médio.

Na validação do PE, houve concordância mínima de 90% (gráfico 5) nos itens referentes aos eixos: estética e organização; capítulos; estilo de escrita; conteúdos; criticidade e criatividade, apresentados no material educativo (quadro 8).

Gráfico 5: Índices de concordância da validação do PE.



Fonte: Autores (2024).

Quadro 8: Respostas do formulário para avaliação do Guia didático.

	Juízes especialistas (n=4)				
	DT	DP	CP	CT	IC (%)
Estética e organização do material educativo					
1. O Produto Educacional promove o diálogo entre o texto verbal e o visual, além de apresenta um texto atrativo e de fácil compreensão.				4	100
2. O Produto Educacional promove uma leitura dinâmica com informações técnicas na mesma proporção que é didático.				4	100
3. A estrutura do Produto Educacional está bem-organizada favorecendo a compreensão para aplicação em sala de aula?				4	100
4. As figuras/ilustrações, os links e *QR Code* disponível no Produto Educacional são relevantes.			1	3	100
Capítulos do material educativo					
5. O Produto Educacional apresenta capítulos interligados e coerentes.				4	100
6. O capítulo I, aborda todos os conceitos necessários para facilitar compreensão do objeto de conhecimento isomeria.			1	3	100
7. As orientações descritas no capítulo II quanto ao fazer pedagógico, elucida o caminho teórico de como desenvolver esta prática de EBM para a inclusão de alunos com DV.			1	3	100
8. Quanto ao capítulo III, as etapas da proposta didática são adequadas e executáveis.				4	100
9. Quanto avaliação da aprendizagem dos alunos está descrita de forma clara e coerente com os alunos deficientes visuais.				4	100
Estilo de escrita apresentado no material educativo					
10. O Produto Educacional apresenta conceitos e argumentos claros, explicando todos os termos técnicos e expressões científicas.			1	3	100
11. Apresenta escrita acessível, estruturando as ideias, evitando palavras desnecessárias e difíceis de entender, respeitando as normas gramaticais.				4	100
Conteúdo apresentado no material educativo					
12. O título "Ensinar Isomeria: A modelagem para incluir, usar sementes para aprender" é adequado ao texto apresentado.			1	3	100
13. O conteúdo abordado no Produto Educacional pode ser adaptado para ser utilizado em outros objetos de conhecimento de química orgânica.				4	100
14. É possível perceber a interlocução do referencial pedagógico com a proposta didática apresentada.				4	100
15. O delineamento da proposta didática está claramente exposto, permitindo o professor entender para chegar nos resultados de aprendizagem sinalizados no guia.				4	100
Criticidade apresentada no material educativo					
16. As atividades propostas no Produto Educacional favorecem o desenvolvimento da linguagem química levando em consideração as atitudes, participação e o posicionamento dos estudantes?				4	100
17. O Produto Educacional estimula a capacidade dos estudantes em colaborar, organizar novas informações e, a partir desse conhecimento adquirido agir de forma crítica e diferente do que se fazia antes.				4	100
18. O texto escrito na voz ativa é atrativo e estimula a aprendizagem do leitor.				4	100
19. Atividades propostas estimulam a curiosidade e a aprendizagem nos alunos com deficiência visual.				4	100
Criatividade apresentada no material educativo					
20. A ideia de utilizar EBM para aplicar modelos 3D para ensinar química orgânica a alunos com deficiência visual, **pode afirmar que há novidade na ideia.**				4	100
21. Este produto educacional é surpreendente, ou seja, apresenta alguma surpresa para o professor de química que precisa ensinar química a alunos com deficiência visual de forma inclusiva, ou seja junto aos alunos normovisuais.				4	100
22. Este produto educacional é original (raro, incomum, imaginativo ou pouco frequente).				4	100

23. Este produto educacional atende às expectativas do professor de química que possui alunos com deficiência visual.			1	3	100
24. Este produto educacional é útil, necessário e eficiente. Ou seja, é perceptível que se aplicado vai ajudar no aprendizado de conteúdos de química aos alunos normovisuias e com deficiência visual.				4	100
25. Este produto educacional apresenta informações suficientes para o professor compreender e replicar suas orientações em contexto de sala de aula.				4	100

Legenda: Discordo totalmente: DT; Discordo parcialmente: DP: Concordo parcialmente: CP; Concordo totalmente: CT; Índice de Concordância- **IC**

Fonte: Autores (2022)

A avaliação feita pelos especialistas consideram que o PE é adequado para o objetivo a que se propõe, mas necessitava de algumas informações para auxiliar na sua execução, como: maior qualidade nas figuras, mais traduções das abreviações, mais detalhamentos dos conceitos de estereoisomeria, ou mais indicações de leituras e autores sobre o objeto de conhecimento. Assim, o PE na sua última versão que acreditamos está apta para ser replicada com as suas adequações ao contexto local, contribuindo com a melhoria do ensino de estereoisomeria.

Na Figura 15, mostra-se a capa do PE, o início do Capítulo 1, o infográfico utilizado para representar as etapas da EBM, que é parte do Capítulo 2 e, partes integrantes do Capítulo 3 com imagens dos artefatos físicos em 3D do Guia Didático.

Figura 15: Imagens do PE na sua versão final.

Fonte: Autores (2024)

6 Considerações finais

Durante a pesquisa foi possível desenvolver um produto educacional, em forma de guia didático, desenvolvido em SD com utilização de EBM, um método desenvolvido por Rosária Justi, em uma turma da 3ª série do Ensino Médio para o processo de ensino e aprendizagem de estereoisomeria, um objeto de conhecimento da Química Orgânica.

A aplicação deste PE contribuiu para melhorar o desempenho da aprendizagem de conceitos de estereoisomeria, a partir do desenvolvimento de modelagem 3D com uso de sementes amazônica, por estudantes normovisuais e com DV, abordados por meio de Problemas geradores a luz de David Klein, para despertar o interesse e motivação durante as aulas, possibilitando desenvolver concepções mais coerentes e críticas a respeito da isomeria espacial.

O PE foi validado de forma positiva pelo público-alvo deste guia didático (professores de Química), mostrando que essa abordagem de ensino aponta uma saída interessante para o uso da metodologia proposta para ensinar conceitos inerentes à estereoisomeria.

Esta dissertação fornece informações úteis, permitindo a compreensão do processo de elaboração e validação de produtos educacionais, além de apontar que este processo pode ser replicado para outras temáticas, produzindo assim material didático para uso em escolas da educação básica.

REFERÊNCIAS

AMAPÁ. **Plano Estadual de Educação**. Lei nº 1907/2013. Diário Oficial do Estado do Amapá, 2013.

AMAPÁ. **Referencial Curricular do Amapá**. Secretaria de Estado da Educação, 2020.

BOULTER, C. J.; GILBERT, J. K. Argument and science education. In: Costello, P.J. M. e Mitchell, S. (edts). Competing and consensual voices: the theory and pratice of argument. Multilingual Matters LTD, cap.6, p. 84-98, 1995.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília, DF: MEC, 2018.

BRASIL. Lei Nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Lei da Inclusão da Pessoa com Deficiência. **Diário Oficial de União (DOU)**. Brasília, DF, 2015.

CARMO, Kácia Araújo do. **Educação inclusiva com surdos:** estratégias e metodologias mediadoras para a aprendizagem de conceitos químicos. 2018. 109 f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.

COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research Methods in Education**. 8. ed. Eighth edition. New York: Routledge, 2018.

FERNANDES, T. C., HUSSEIN, F. R. G. S., DOMINGUES, R. C. P. R. Ensino de química para deficientes visuais: a importância da experimentação num enfoque multissensorial. ***Química Nova na Escola***, *39*(2), p.195-203, 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160076. Acesso em: 29 de junho de 2022.

FERREIRA, Poliana Flávia; JUSTI, Rosária da Silva. **Modelagem e suas contribuições para o ensino de ciências:** uma análise no estudo de equilíbrio químico. 2006. 165 f. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

FRANÇA, Márcio Oliveira; et al. **Produção de materiais táteis para ensino de química orgânica sob uma perspectiva inclusiva**. 2020. 35 f. Produto Educacional. Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, 2020.

GANDRA, Lucas P; FARIA, Alexandre Geraldo V. **Modelo didático para a representação de estruturas que contempla as diferentes hibridizações de átomos por meio da modelagem como estratégia para o ensino de química**. Encontro Nacional do Ensino de Química. 2014. p.47-57.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GILBERT, J. K.; JUSTI, R. **Modelling-based Teaching in Science Education**. 1st ed. 2016 ed. Cham: Springer International Publishing : Imprint: Springer, 2016.

JOHNSTONE, Alex H. **The Development of chemistry teaching: A changing response to changing demand**. Journal of Chemical Education n. 70, p.701-704, 1993.

KLEIN, D. **Química orgânica: uma aprendizagem baseada em solução de problemas**. 3ª ed. Vol. 1. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

LIMA, Adriana Maria Queiroz da Silva; SOUZA, Ronilson Freitas de. **Vou te contar como ensinamos química orgânica para alunos com deficiência visual: guia de orientações didáticas**. Produto Educacional. Belém – PA: Edições PPGEECA UEPA, 2022.

LIMA, Adriana Maria Queiroz da Silva; SOUZA, Ronilson Freitas de. **Química orgânica para alunos com deficiência visual:** uma estratégia de aprendizagem combinando uso de modelos 3D e audiodescrição. 2022. 78 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia). Universidade do Estado do Pará, Belém, 2022.

LIMA, Bruna Tayane da Silva; ONOFRE, Eduardo Gomes. **Proposta de ensino de química orgânica para alunos com deficiência visual:** desenhando prática pedagógica inclusiva. 2017. 35 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Educação Matemática – PPGECM). Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), 2017.

MANTOAN, M. T. E. **Inclusão escolar: o que é? por quê? como fazer?** 1 ed. São Paulo, SP: Moderna, 2003.

MEDEIROS, Leonardo Rafael. Utilização de modelos táteis sustentáveis como alternativa no ensino de química para alunos com deficiência visual. In: ALMEIDA, Breno Trajano de; SÁ, Rosana de Oliveira, (Orgs). **Discursos interdisciplinares por uma educação transformadora**. Natal: Editora FAMEN, 2020. p.35-47.

MINAYO, M. C. S. (Org). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 21. ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2002.

MÓL, G. (ORG.). **O ensino de ciências na escola inclusiva**. Campos dos Goytacazes: Brasil Multicultural, 2019.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. e ROMANELLI. L. I. **A proposta curricular de química do estado de minas gerais: fundamentos e pressupostos**. Química Nova na Escola, n. 23(3), p. 273-283, 2000.

NASCIMENTO, Juciene Moura de; AMARAL, Edenia Maria Ribeiro do. O papel das interações sociais e de atividades propostas para o ensino-aprendizagem de conceitos químicos. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 3, p. 575-592, 2012.

PAULINO, Emília Fádua Sued. **A pedagogia libertadora de Paulo Freire, o ensino por investigação e a teoria de aprendizagem sócio-histórica:** articulações possíveis para o ensino de química. 2020. 160 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências). Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2020.

PAULO, Paula Rodrigues N. F; et al. Produção de materiais didáticos acessíveis para o ensino de química orgânica inclusivo. Areté. v. 11. n. 23. Manaus, jan-jun, 2018.

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

QUEIROZ, Robson Oliveira. **Utilização de modelos didáticos, na forma de analogias, no ensino de isomeria 3D:** uma investigação dos saberes docentes junto a professores de química. 2015. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

RAZUCK, Renata Cardoso de Sá Ribeiro; NETO, Washington de Oliveira. A química orgânica acessibilizada por meio de kits de modelo molecular adaptados. **Revista Educação Especial**, vol. 28, núm. 52, mayo-agosto, 2015, p. 473-485. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, Brasil, 2015.

ROCKENBACH, Lara Colvero; et al. Uma revisão sistemática de literatura sobre as estratégias e temáticas para ensino de estereoisomeria. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, 2020.

SANTOS, Taciana da Silva. **Metodologias ativas de ensino-aprendizagem**. Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica. Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Pernambuco. Campus Olinda: Olinda, 2019.

SCHNETZLER, Roseli Pacheco. Minhas trilhas de aprendizagem como educadora química. In: CACHAPUZ, A. F.; CARVALHO, M. P. DE; GIL-PÉREZ, D. (ORGS.). **O ensino das ciências como compromisso científico e social: os caminhos que percorremos**. São Paulo: Cortez, 2012.

SILVA, Raphael Salles Ferreira. et al. **Química orgânica**. 1ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

SOUZA, Vinícius Catão de Assis; JUSTI, Rosária. Estudo da utilização de modelagem como estratégia para fundamentar uma proposta de ensino relacionada à energia envolvida nas transformações químicas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Vol. 10; nº 2, 2010.

VYGOTSKY, L. S. **Obras Completas – Tomo cinco: fundamentos da defectologia**. Cascavel, PR: EDUNIOESTE, 2022.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**/ trad. Daniel Grassi - 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

YIN, Robert K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim**/ trad. Daniel Bueno – Porto Alegre: Penso, 2016.

ANEXO A

CEPAr Comitê de Ética em Pesquisa
UEPA CAMPUS VII

UEPA - CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARÁ - CAMPUS VII - CONCEIÇ

Plataforma Brasil

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: UTILIZAÇÃO DE SEMENTES AMAZÔNICAS NO ENSINO DE ISOMERIA PARA ALUNOS NORMOVISUAIS E DEFICIENTES VISUAIS

Pesquisador: AMAURI RODRIGUES DE CARVALHO

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 64591822.1.0000.8130

Instituição Proponente: Universidade do Estado do Pará - Campus VII

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.772.723

Apresentação do Projeto:

Título Público da Pesquisa: UTILIZAÇÃO DE SEMENTES AMAZÔNICAS NO ENSINO DE ISOMERIA PARA ALUNOS NORMOVISUAIS E DEFICIENTES VISUAIS

Apresentação:

A pesquisa pretende mitigar possíveis dificuldades na aprendizagem de isomeria conformacional, um ramo da química orgânica, para alunos normovisuais e deficientes visuais (DV), inseridos regularmente em turma de ensino médio de uma escola pública da rede de ensino do estado do Amapá. A intervenção didática proposta se dá por meio da aplicação de modelos em três dimensões, produzidos a partir de sementes de açaí, bacaba e tucumã, inseridos numa sequência didática fundamentada no ensino baseado em modelagem, considerando a sócio interação professor aluno normovisual aluno deficiente visual. Como resultado pretende-se contribuir para a prática docente do professor de química e para aprendizagem de conteúdos de isomeria para alunos normovisuais e DV, estudando no mesmo ambiente. Espera-se também organizar um Produto Educacional (PE) do tipo guia de orientações didáticas a partir dos resultados da pesquisa para ser replicado por professores de Química que possuem em suas turmas alunos com

Endereço: Sala 02, Prédio da Administração, UEPA ¿ Campus VII, Av. Araguaia s/n
Bairro: Vila Cruzeiro **CEP:** 68.540-000
UF: PA **Município:** CONCEICAO DO ARAGUAIA
Telefone: (94)99305-2311 **E-mail:** cepar@uepa.br

Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	10:56:56	RODRIGUES DE CARVALHO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE.pdf	14/10/2022 10:56:34	AMAURI RODRIGUES DE CARVALHO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Amauri_PPGEECA_10_2022.pdf	14/10/2022 10:55:45	AMAURI RODRIGUES DE CARVALHO	Aceito
Declaração de Pesquisadores	DCP_B.pdf	14/10/2022 10:54:55	AMAURI RODRIGUES DE CARVALHO	Aceito
Declaração de Pesquisadores	DCP_A.pdf	14/10/2022 10:54:35	AMAURI RODRIGUES DE CARVALHO	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	14/10/2022 10:53:39	AMAURI RODRIGUES DE CARVALHO	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_DE_ROSTO_PARA_PESQUISA_ENVOLVENDO_SERES_HUMANOS.pdf	14/10/2022 10:52:55	AMAURI RODRIGUES DE CARVALHO	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

CONCEICAO DO ARAGUAIA, 23 de Novembro de 2022

Assinado por:
Raphael do Nascimento Gentil
(Coordenador(a))

ANEXO B

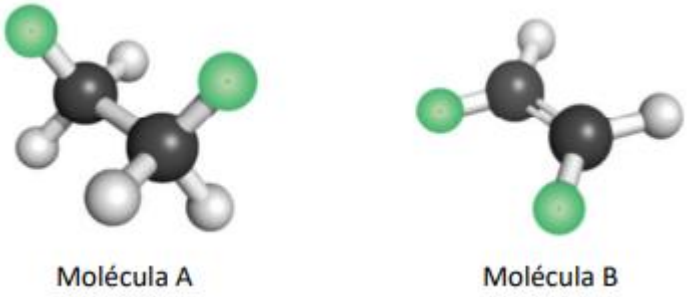
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS E PLANETÁRIO DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO E ENSINO DE CIÊNCIAS NA AMAZÔNIA

Teste de Sondagem

Alunos(as): _____

Grupo: _____

1- Na química é comum a representação de moléculas através de desenhos em 2D ou 3D, para facilitar a compreensão do funcionamento no espaço, do referido composto. Conforme a figura a seguir:

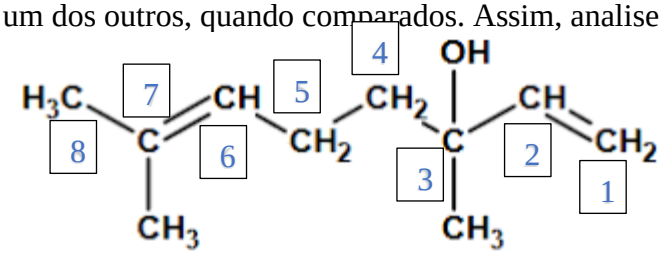


Molécula A Molécula B

Legenda:
- Esfera preta = átomo de carbono (C);
- Esfera branca = átomo de hidrogênio (H);
- Esfera verde = átomo de cloro (Cl)

Sabendo que existem diferenças espaciais para as moléculas A e B, você consegue indicar
a) A molécula que ocorre giro livre, ou independente, dos carbonos no eixo da ligação entre eles?
b) A molécula que possui condição para ser um isômero espacial geométrico?
c) A fórmula molecular e estrutural de cada uma das moléculas representadas na figura?

2- Alguns compostos orgânicos conseguem desviar o plano da luz polarizada, são os chamados isômeros espaciais ópticos, ou enantiômeros, os quais possuem um carbono quiral, e são imagens especulares um dos outros, quando comparados. Assim, analise a estrutura a seguir:



a) Qual carbono é quiral?
b) Represente (desenhe) estrutura em fórmula de bastão.

ANEXO C

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS E PLANETÁRIO DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO E ENSINO DE CIÊNCIAS NA AMAZÔNIA

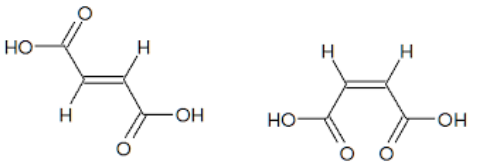
Escola Estadual Rivanda Nazaré da Silva Guimarães
Aplicação sem o uso de modelagem – Aula 3

Aluno(a): _____

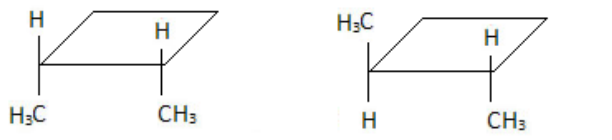
Grupo: _____

Problema 1: A **isomeria espacial geométrica** ocorre tanto em estruturas abertas, quanto em estruturas fechadas, desde que seja respeitada algumas condições. Assim, quais as condições para ocorrer a isomeria espacial geométrica, **para cadeias abertas** e **para cadeias fechadas**?

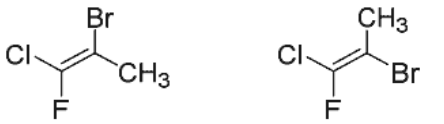
Problema 2: Para cada um dos compostos a seguir, determine se o isômero é *cis* ou *trans*, *E* ou *Z*:



_____ _____



_____ _____



_____ _____

Problema 3: A isomeria é o fenômeno que é possível ter estruturas diferentes para a mesma fórmula molecular, e a partir desta informação, desenhe as fórmulas estruturais a partir das nomenclaturas a seguir:

a) (*cis*)-2,3-diclorobut-2-eno: b) (*trans*)butenol

Problema 4: Demonstre as fórmulas estruturais dos isômeros E e Z para o 3-fluorpent-2-eno:

ANEXO D

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS E PLANETÁRIO DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO E ENSINO DE CIÊNCIAS NA AMAZÔNIA

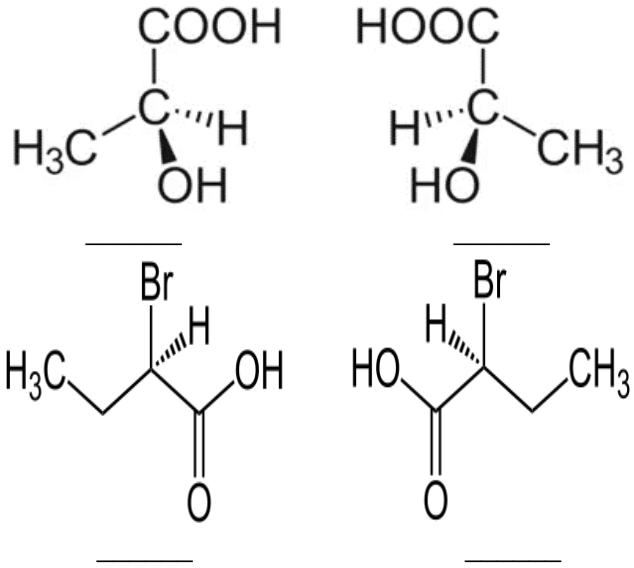
Escola Estadual Rivanda Nazaré da Silva Guimarães
Aplicação sem o uso de modelagem – Aula 4

Aluno(a): _____

Grupo: _____

Problema 1: A isomeria espacial óptica ocorre em estrutura que possui carbono assimétrico (estereocentro), o que vai conferir algumas propriedades dos isômeros ópticos. Descreva essas propriedades dos compostos com isomeria óptica:

Problema 2: Para cada um dos compostos a seguir, determine se o isômero é R ou S:



ANEXO E

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS E PLANETÁRIO DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO E ENSINO DE CIÊNCIAS NA AMAZÔNIA

Escola Estadual Rivanda Nazaré da Silva Guimarães
Aplicação com o uso de modelagem – Aula 5

Grupo: _____

Problema 1: Com as peças do kit de modelagem, execute a montagem de um **isômero espacial geométrico**. Após a montagem, descreva a seguir a fórmula molecular e a fórmula estrutural da molécula representada pelo modelo.

Problema 2: Com as peças do kit de modelagem, execute a montagem de um **isômero espacial ótico**. Após a montagem, descreva a seguir a fórmula molecular e a fórmula estrutural da molécula representada pelo modelo.