

Química orgânica para alunos com deficiência visual: uma estratégia de aprendizagem combinando uso de modelos 3D e audiodescrição

RESUMO

O ensino de Química apresenta seus conceitos baseados na visualização de representações e modelos para a compreensão de seus conteúdos, assim, a adaptação de materiais didáticos e o uso de diferentes estratégias de ensino são condições fundamentais para oportunizar a construção de conhecimentos pelos estudantes com deficiência visual. Entretanto, no ensino básico, há limitações na utilização de materiais didáticos adaptados. Neste sentido, buscou-se avaliar uma proposta didática que utiliza estruturas químicas 3D combinadas a audiodescrição, para aprendizagem dos conteúdos de Química Orgânica voltados a alunos com deficiência visual. A pesquisa está fundamentada na abordagem qualitativa, por meio da pesquisa-ação e como instrumentos de coleta de dados utilizou-se a observação sistemática, entrevista semiestruturada e a aplicação de uma sequência didática. A análise de dados se deu através da análise de conteúdo à luz da teoria de Laurence Bardin. Os resultados demonstraram o potencial da proposta didática em contribuir para o processo de ensino e aprendizagem relacionados à Química Orgânica favorecido através das trocas e interações com os materiais adaptados, possibilitando que os alunos com deficiência visual consigam compreender os conceitos envolvidos nas representações químicas.

PALAVRAS-CHAVE: Impressão 3D. Deficiência Visual. Ensino de Química Orgânica.

Adriana Maria Queiroz da Silva
Lima

adrianaqlima@gmail.com

orcid.org/0000-0002-3507-3184

Universidade do Estado do Pará (UEPA),
Belém, Pará, Brasil.

João Elias Vidueira Ferreira

joao.elias@yahoo.com.br

orcid.org/0000-0001-5808-3986

Instituto Federal do Pará (IFPA), Tucuruí,
Pará, Brasil

Ronilson Freitas de Souza

ronilson@uepa.br

orcid.org/0000-0002-0463-8584

Universidade do Estado do Pará (UEPA),
Belém, Pará, Brasil.

INTRODUÇÃO

O entendimento de Química exige muito da percepção visual (visualização) na medida em que as explicações fornecidas para os fenômenos macroscópicos são construídas por propostas que envolvem interações entre moléculas, átomos e partículas subatômicas (DE FARIAS et al., 2015). A necessidade de articulação entre o mundo macro e micro é uma preocupação salientada nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999), e recomendada pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018), uma vez que, para a compreensão de uma transformação química, é preciso recorrer a construção e interpretação de modelos explicativos do mundo microscópico, que subsidiem a compreensão dessas transformações, oferecendo assim, oportunidades aos alunos a vivenciar momentos de investigação, exercitando e ampliando suas curiosidades.

Um dos grandes problemas para o aprendizado de química reside na dificuldade, por parte dos estudantes, em transitar nesses níveis de representação, o que é a base no desenvolvimento da ciência Química. Considerando essas dificuldades, o uso de modelagem molecular como ferramenta de aprendizado é promissor, pois amplia a capacidade de compreensão da natureza tridimensional das estruturas moleculares e da correlação destas com os fenômenos macro (DE FARIAS et al., 2015). Entretanto, os modelos de estruturas químicas disponíveis fazem um grande apelo à percepção visual, desgastam-se facilmente, possuem montagem definitiva e falhas em diferentes hibridações, além de custo elevado.

Segundo Masini e Gasparetto (2007), o ensino de Química é menos acessível para alunos com deficiência visual devido ao fato de incluir muitos conceitos abstratos e representações visuais sendo preciso levar em consideração que alunos com DV possuem um referencial perceptual desconhecido para os videntes sendo, portanto, necessário identificar no educando com DV como ele é, age, pensa, fala e sente, atentando-se ao referencial perceptual utilizado.

Segundo Mól e Caixeta (2020), o recurso didático tátil a ser desenvolvido para alunos com deficiência visual (DV), para ser eficiente no aspecto inclusivo, deve cumprir seu papel educacional, ser seguro, agradável ao toque, resistente, fiel à representação, de uso coletivo e avaliado adequadamente. Neste sentido, a utilização da impressão 3D para criação de materiais adaptados a alunos com DV, mais resistentes e com menos falhas, surge como uma alternativa, pois esta tecnologia produz objetos a partir de modelos digitais, adicionando material plástico ou metálico camada por camada, produzindo peças de geometrias complexas e personalizáveis. Materiais plásticos são os mais usados no ensino de química (BHARTI; SINGH, 2017) e estão ilustrando conceitos na Química Orgânica (ROBERTSON; JORGENSEN, 2015), no estudo de orbitais híbridos (CATALDO; GRIFFITH; FOGARTY, 2018) e em diversas outras aplicações pedagógicas (PINGER; GEIGER; SPENCE, 2020).

Toledo e Rizzatti (2021) investigaram o potencial pedagógico de modelos atômicos adaptados para alunos com deficiência visual construídos a partir da impressora 3D. Os autores concluíram que os materiais didáticos desenvolvidos podem contribuir com o ensino do conteúdo de estrutura atômica para o aluno com deficiência visual, o que não exclui os alunos normovisuais. Além de ser material de apoio para os professores de química.

Destaca-se, portanto, a importância desta pesquisa que busca intervir nessa realidade, materializando conteúdos abstratos através da construção de estruturas químicas orgânicas em 3D, as quais serão transformadas em conteúdo verbal, a audiodescrição, que segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2016) é:

Recurso de acessibilidade comunicacional que consiste na tradução de imagens em palavras por meio de técnicas e habilidades, aplicadas com o objetivo de proporcionar uma narração descritiva em áudio, para ampliação do entendimento de imagens estáticas ou dinâmicas, textos e origem de sons não contextualizados, especialmente sem o uso da visão.

Desta forma o acesso às informações químicas contidas nos modelos 3D torna-se mais acessíveis aos alunos com deficiência visual, pois aumenta suas habilidades visuoespaciais.

Em pesquisas realizadas em periódicos internacionais, destaca-se o trabalho de Dabke et al. (2021) que apresentou uma aplicação de tecnologia instrucional de códigos de respostas rápidas (*QR codes*) para a introdução de aparelhos de laboratório comumente usados nas aulas de Química para alunos com deficiência visual. A audiodescrição associada consistiu em introduções concisas e aplicações de vários aparelhos usados em laboratórios de química do ensino médio e de graduação. O código QR para cada aparelho foi produzido e vinculado ao comentário de áudio correspondente por meio de uma página na internet exclusiva. Os resultados da atividade ressaltaram a eficácia da tecnologia, oferecendo uma experiência de aprendizagem física assistida. A tecnologia apresentada neste artigo não oferece aos alunos com deficiência visual uma experiência de aprendizagem independente, ao contrário, oferece a eles uma aprendizagem assistida, experiência esta que aumenta seu senso de inclusão em um ambiente de laboratório.

Ao longo dos anos, muitos teóricos da educação buscaram apontar caminhos para o aperfeiçoamento do processo de ensino-aprendizagem para pessoas com deficiência. Da teoria Vygotskyana, destaca-se a tese central do autor de que caminhos indiretos de desenvolvimento são possibilitados pela cultura quando o caminho direto está impedido. Ou seja, no caso de crianças com deficiência, o desenvolvimento cultural seria a principal esfera em que é possível compensar a deficiência. De acordo com Nuernberg (2008), tal compensação, na visão de Vygotsky, seria social através da reação do outro diante da deficiência, no sentido de superar as limitações com base em instrumentos artificiais, como a mediação simbólica. Neste sentido, sua concepção instiga a educação a criar oportunidades para que, de fato, ocorra o processo de apropriação cultural por parte do educando com deficiência.

Além disso, Vygotsky (2011) também considera que o desenvolvimento das formas culturais de comportamento não está ligado a um aparato psicofisiológico específico, no qual destaca que, o importante é que a criança cega lê, assim como nós lemos, mas essa função cultural é garantida por um aparato psicofisiológico completamente diferente do nosso. Para o referido autor, qualquer deficiência, física ou mental, modifica a relação do homem com o meio em que vive e influencia as relações com as pessoas. Entretanto, destaca ainda, que não é a diferença biológica o principal fator que implica em desenvolvimento limitado ou em não desenvolvimento da pessoa com deficiência o impedimento que pode se

apresentar é em primeiro lugar de ordem social, ou seja, depende de como dada sociedade concebe a deficiência.

Diante disto, as ideias expostas por Vygotsky permanecem muito atuais justificando seu uso no campo da educação de pessoas com deficiência visual, pois, como destaca Nuernberg (p.8, 2008):

As reflexões de Vygotsky sobre a educação da pessoa com deficiência, embora tecidas em um contexto histórico e cultural completamente distinto do mundo contemporâneo, trazem à tona pistas concretas para a implementação de experiências educacionais que favoreçam a autonomia e a cidadania das pessoas com deficiência.

Neste sentido, justifica-se o uso das ideias de Vygotsky para a educação de pessoas com deficiência visual, pois, ao se utilizar modelos tridimensionais adaptados, espera-se relacioná-los ao conhecimento curricular, utilizando audiodescrição e as ideias de mediação pedagógica de Vygotsky ressaltando a importância da linguagem no desenvolvimento do indivíduo e, assim, criar uma relação natural entre linguagem e pensamento a fim de promover o desenvolvimento cognitivo dos alunos participantes desta pesquisa conhecendo seus referenciais perceptuais e criando situações práticas que os motivem a interagir e exercitar a linguagem científica.

Nuernberg (2008), destaca ainda que, Vygotsky criticou as formas de exclusão social e educacional, onde as práticas de ensino estão focadas nos limites intelectuais e sensoriais das pessoas com deficiência o que resulta na criação de um ciclo vicioso, no qual, não se acredita na capacidade de aprender das pessoas com deficiência, e não lhe são ofertadas condições para superar suas dificuldades.

Entendemos que a falta de materiais adaptados para conduzir aulas de Química é uma forma de exclusão, pois dificulta a aprendizagem de alunos com deficiência visual, visto que, a disciplina abrange diversas formas estruturais moleculares que necessitam das utilizações de imagens para a compreensão do conteúdo. Assim, a produção ou adaptação de materiais que visem o maior aproveitamento desses alunos ao utilizar estímulos multissensoriais se torna primordial. Neste contexto, propõe-se a criação de uma proposta pedagógica utilizando estruturas químicas 3D, empregando o material ABS (acrilonitrila butadieno estireno), e a audiodescrição, a fim de elaborar estratégias que possibilitem uma melhor condição de aprendizagem para os alunos com deficiência visual.

Diante do exposto, e considerando que na Química a explicação de fenômenos e conceitos, com uso de representações, faz um grande apelo ao sentido da visão, esta pesquisa busca respostas para o seguinte problema: como o uso de estruturas químicas 3D combinadas à audiodescrição pode favorecer a apropriação dos conteúdos de Química Orgânica por alunos com deficiência visual?

Norteadada pela referida questão, a pesquisa teve como objetivo avaliar uma proposta didática, que utiliza modelos tridimensionais (Impressão 3D) e audiodescrição, para aprendizagem dos conteúdos de Química Orgânica voltados a alunos com deficiência visual.

ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa realizada se caracteriza como uma pesquisa ação, como estratégia de investigação de uma abordagem qualitativa (CRESWELL, 2010), que tem como propósito acoplar pesquisa e ação em um único processo, no qual os atores implicados participam, junto com os pesquisadores, para chegarem interativamente a elucidar a realidade em que estão inseridos, identificando problemas coletivos, buscando e experimentando soluções em situação real. Simultaneamente, há produção e uso de conhecimento (THIOLENT, 2011).

Reconhece-se, portanto, o aspecto intervencionista das atividades desenvolvidas no contexto da aplicação da proposta didática que visa dar protagonismo aos participantes da pesquisa tanto na exploração dos materiais desenvolvidos, quanto na avaliação desses materiais e autoavaliação quanto à participação na pesquisa.

A pesquisa foi realizada em uma Escola Pública Estadual, no município de Belém, no estado do Pará, lócus de atuação da professora/pesquisadora, fruto do desenvolvimento da dissertação de Mestrado da primeira autora. Os participantes da pesquisa foram dois alunos com deficiência visual, matriculados no terceiro ano do ensino médio regular. A interação e aplicação da pesquisa com os dois participantes se deu no contraturno escolar dentro do ambiente de Atendimento Educacional Especializado (AEE) e contou com o suporte da professora de Educação Especial.

A deficiência visual do aluno A é a cegueira do tipo congênita, necessitando da presença do seu responsável para locomoção e realização das atividades escolares em casa. O aluno B convive com a baixa visão desde a infância, mas tem autonomia na sua locomoção e realização de atividades escolares. Ambos não possuem domínio da linguagem Braille.

Essas informações foram importantes para determinar as estratégias adotadas nas etapas seguintes e no desenvolvimento do material adaptado. Para Massini e Gasparetto (2007) conhecer os referenciais perceptuais dos alunos DV e suas especificidades é fundamental para a compreensão deste indivíduo e necessária antes de qualquer intervenção.

De um modo geral, o aluno com deficiência visual faz leituras a partir do tato. Dentre as técnicas que permitem este tipo de leitura está o sistema Braille, que, segundo Ferreira et al. (2021), é uma forma de comunicação própria, utilizada através dos dedos das mãos, que combina pontos em alto relevo permitindo a construção de um código de letras, números e outros símbolos. Entretanto, a adaptação dos materiais com o sistema Braille não foi utilizada pois, ambos os alunos não conheciam o sistema. Catão (2019) destaca que no Brasil há uma grande quantidade de pessoas cegas que não dominam o Braille, necessitando do auxílio do leitor para ter acesso ao código da escrita.

Durante a aplicação da pesquisa, foram garantidos todos os princípios éticos dos participantes envolvidos no estudo. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa em seres Humanos da Universidade do Estado do Pará, Campus VIII-Marabá, Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE): 51345921.6.0000.8607. Assim, os nomes dos estudantes foram codificados nas letras (A e B) para garantir o sigilo e anonimato das suas falas.

Como procedimento estratégico para compreensão do processo de aprendizagem e referencial perceptual dos alunos com deficiência visual, bem como, organização dos objetivos, observação da interação com os materiais desenvolvidos e verificação da adesão dos sujeitos à proposta de pesquisa implementada utilizou-se uma proposta didática esquematizada em seis etapas onde os princípios teóricos de Química Orgânica são abordados de forma didática sob a perspectiva de Klein (2017), 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. A proposta didática está sintetizada no Quadro 1, a seguir:

Quadro 1 – Proposta didática para o ensino de química orgânica combinando materiais táteis e audiodescrição. Estratégias ¹⁻⁴ podem ser acessadas pelo endereço: <https://tinyurl.com/jsk5bcpx>

Etapas da proposta didática	Objetivo	Material utilizado	Estratégia empregada
Etapa 1: Diagnose de aprendizagem dos conteúdos relacionados à química orgânica. (Duração: 30 min)	Investigar e compreender o processo de aprendizagem relacionado aos conteúdos de química orgânica durante o ensino médio.	Roteiro de entrevista; celular.	Entrevista semiestruturada. ¹
Etapa 2 Aula: Introdução ao estudo de química orgânica (Histórico, propriedades e classificação do carbono). Duração: 1h	Apresentar o conteúdo através de aula expositiva dialogada, com resolução de exercícios, estímulo tátil e auditivo a fim de que os alunos possam compreender e formar conceitos sobre as propriedades e classificação do carbono a partir destes estímulos.	Representações do carbono em 3D, arquivos de audiodescrição (celular), lista de problemas, ficha de avaliação.	Interação tátil com representações, em 3D do carbono e suas ligações, Audiodescrição, Proposição de problemas. ²
Etapa 3 Aula: Leitura das representações de estruturas orgânicas Duração: 1h	Apresentação de variadas formas de representações das cadeias carbônicas por meio de modelos 3D e audiodescrição para estimular a interação multissensorial, diferenciação das formas, texturas e tamanhos dos componentes dos modelos e discussão sobre leitura e interpretação das representações das estruturas.	Representações de cadeias carbônicas em 3D, arquivos de audiodescrição (celular), lista de problemas, ficha de avaliação	Estímulo à percepção das cadeias carbônicas a partir da interação tátil e auditiva, Proposição de problemas. Avaliação dos materiais utilizados. ³

Etapas da proposta didática	Objetivo	Material utilizado	Estratégia empregada
<p>Etapa 4: Aula: Classificação das cadeias carbônicas Duração: 1h</p>	<p>Apresentar o conteúdo explorando o estímulo tátil e auditivo a fim de que os alunos possam compreender e formar conceitos sobre os diferentes tipos de cadeias carbônicas a partir destes estímulos multissensoriais.</p>	<p>Representações de cadeias carbônicas em 3D, arquivos de audiodescrição (celular), lista de problemas, ficha de avaliação.</p>	<p>Interação tátil com representações em 3D de cadeias carbônicas, Audiodescrição, Proposição de problemas, Avaliação dos materiais utilizados.</p>
<p>Etapa 5 Aula: Funções orgânicas Duração: 1h</p>	<p>Etapa 5 Aula: Funções orgânicas Duração: 1h apresentar os princípios relacionados às funções orgânicas através dos estímulos tátil e auditivo a fim de que os alunos possam identificar os principais grupos funcionais e suas respectivas classes a partir destes estímulos multissensoriais.</p>	<p>Representações das funções orgânicas em 3D, arquivos de audiodescrição (celular), lista de problemas, ficha de avaliação</p>	<p>Estímulo à percepção das diferenças dos grupos funcionais a partir da interação tátil com representações em 3D e audiodescrição. Proposição de problemas, Avaliação dos materiais utilizados.</p>
<p>Etapa 6 Perspectiva dos alunos quanto à participação na pesquisa.</p>	<p>Verificar como os alunos avaliam a própria participação na pesquisa</p>	<p>Roteiro de perguntas elaboradas a partir da participação dos alunos nas etapas.</p>	<p>Entrevista semiestruturada⁴</p>

Fonte: Autoria própria (2022).

Nesse sentido, atendendo às etapas estruturantes da proposta didática exposta acima foram desenvolvidas algumas estratégias e materiais como:

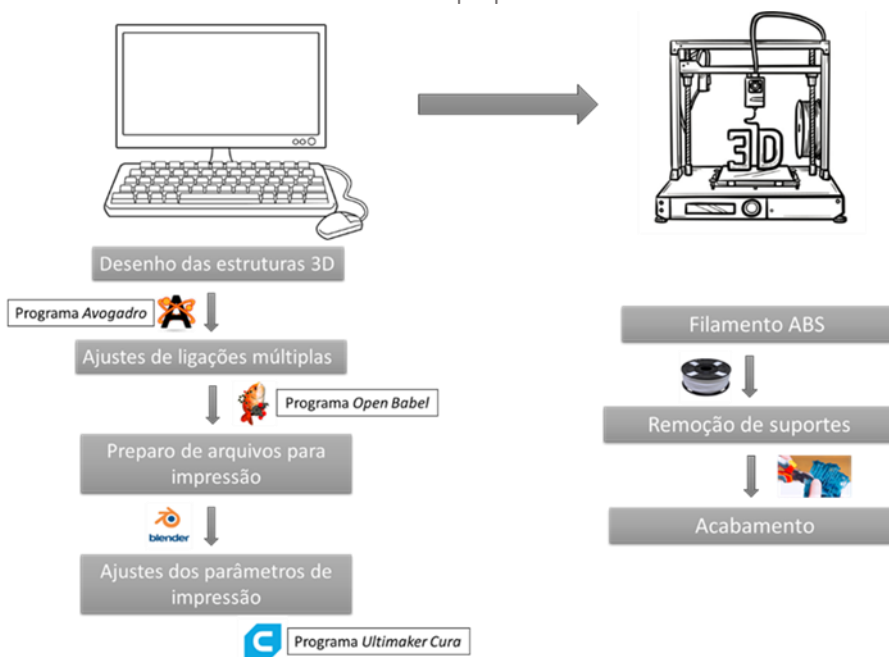
- Entrevista semiestruturada: seguindo orientações de Cohen, Manion, Morrison (2018), os quais afirmam que os tópicos e as perguntas são apresentados aos entrevistados, mas as perguntas são abertas e a sequência pode ser ajustada para cada entrevistado.

- Fichas para registro de observações, avaliação dos materiais utilizados, desempenho na exploração tátil dos modelos 3D, adaptada de Ferreira et al. (2021). A etapa de observação foi realizada na perspectiva de Minayo (2011) em que é caracterizada como ação avaliativa de monitoramento constante, sendo assim, foram registrados dados a partir da observação sistemática em cada etapa da proposta didática.

- Lista de Problemas propostos sobre Química Orgânica para complementar a avaliação dos alunos quanto a exploração e reconhecimento dos materiais táteis em 3D e audiodescrição.

- Áudio instrutivos com o objetivo de orientar os estudantes no manuseio e reconhecimento dos modelos tridimensionais produzidos.
- Entrevista semiestruturada quanto a percepção dos participantes da pesquisa sobre a proposta didática.
- Modelos tridimensionais adaptados utilizando as ferramentas computacionais conforme fluxograma apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Processo de modelagem tridimensional, impressão e acabamento das moléculas propostas.



Fonte: Autoria própria (2022).

Após o desenho tridimensional das estruturas no programa Avogadro, as moléculas foram salvas no formato *mol2*, o qual garante a preservação das características tridimensionais das moléculas. Para moléculas que continham duplas e/ou triplas ligações fez-se necessário a utilização do programa *Open Babel*, que além de manter as características tridimensionais das moléculas, preserva as informações sobre estes tipos de ligações.

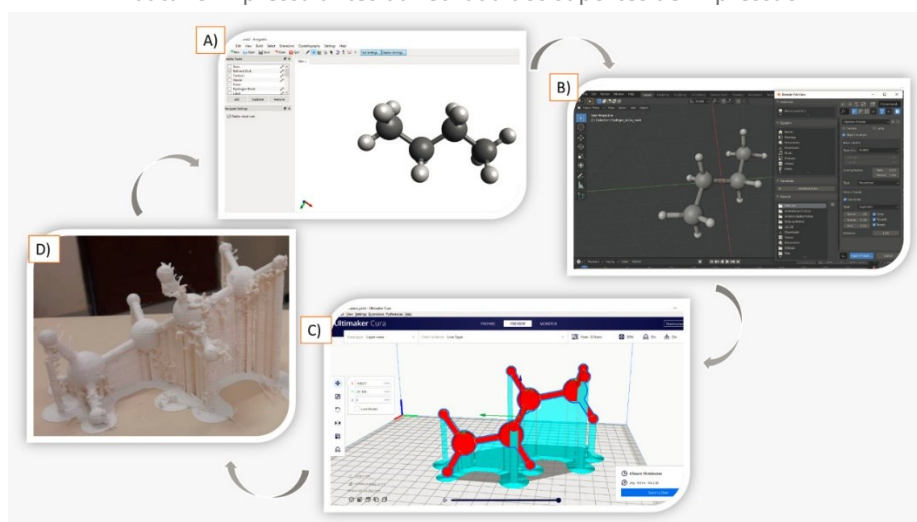
Em seguida, as moléculas foram importadas no programa *Blender 3D* por meio do *add-on* intitulado *Atomic Blender*. Este *add-on* lê as coordenadas de todos os átomos em arquivos PDB ou XYZ e representa os átomos pelo modelo de bolas e varetas no programa *Blender*. Ao importar, o fator de escala para bolas foi alterado para 0,5 enquanto o de distância permaneceu como 1,0. O modelo de bolas e varetas escolhido foi do tipo “*Dupliverts*” com parâmetros de setor 20, Raio 0,1 e unidade 0,05. Informações de cores, suavidade e ligações foram preservadas ao importar.

Finalmente, o tamanho dos átomos foi modificado no sentido de permitir a diferenciação entre eles pelo tato. Os átomos de carbono, em geral, foram modelados para um diâmetro de 2,0 cm, enquanto os átomos Nitrogênio, Oxigênio e Hidrogênio ficaram com diâmetros de 1,6, 1,2 e 0,8 cm, respectivamente. Vale ressaltar que essa diferenciação permite não somente

contribuir para a percepção dos tamanhos dos átomos como também segue a tendência dos tamanhos relativos considerando as propriedades de raios atômicos dos elementos que compõem a tabela periódica.

Os arquivos no formato STL foram exportados pelo programa *Blender 3D* e importados no programa *Ultimaker Cura* versão 4.11. Nesta etapa, os parâmetros de impressão foram ajustados para filamento do tipo ABS e suportes foram criados para auxiliar no processo de impressão. Um resumo da modelagem do processo está apresentado na Figura 2, utilizando como exemplo a molécula do Butano.

Figura 2 – Ciclo que exemplifica a modelagem da molécula de Butano. A) Desenho tridimensional no programa Avogadro. B) Ajustes dos tamanhos no programa Blender. C) Ajustes dos parâmetros de impressão no programa Ultimaker Cura. D) Molécula de butano impressa antes da retirada dos suportes de impressão.



Fonte: Autoria própria (2022).

Ao final da aplicação e avaliação de todas as etapas da proposta didática desenvolvida os dados foram analisados, categorizados, tratados e discutidos a partir da análise de conteúdo. Como método de investigação, a análise de conteúdo compreende procedimentos especiais para o processamento de dados científicos e, tendo em vista a análise de dados qualitativos, procura-se encontrar convergências e incidências de palavras e frases, tendo etapas como: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, interpretação e discussão dos resultados, segundo as orientações de Bardin (2011), as quais são detalhadas a seguir:

- Pré-análise: Organização dos dados coletados através da leitura flutuante dos materiais utilizados na sequência didática (entrevistas, fichas de observação e avaliação, resolução dos problemas propostos), na busca por “núcleos de sentidos” significativos para o objetivo da pesquisa.

- Exploração do material: Nessa etapa os dados levantados foram codificados e categorizados para construção de resultados dos quais possam ser feitas inferências. A partir dos dados gerados pela entrevista semiestruturada (Etapa 1 da proposta) e das fichas de observação/avaliação optou-se pela categorização a priori e para os demais dados gerados a partir da segunda entrevista foram

utilizadas categorias não definidas a priori, originadas a partir da fala e conteúdo das respostas dos participantes da pesquisa.

- Tratamento dos resultados: Considerando as categorias oriundas dos dados coletados buscou-se fazer inferências através da comparação dos dados com os pressupostos teóricos.

- Discussão de resultados: Etapa que, a partir das interpretações realizadas, permitiu a responder os questionamentos da pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo se apresentam os resultados de uma intervenção didática que utiliza modelos tridimensionais obtidos por meio de Impressão 3D e audiodescrição, para favorecer a aprendizagem dos conteúdos de Química Orgânica voltados a alunos com deficiência visual.

Assim, de acordo com o referencial metodológico, a partir da exploração dos materiais utilizados na proposta didática organizou-se a análise dos dados em três seções (Quadro 2):

Quadro 2 - Organização da análise de dados.

Seções	Ação	Objetivos
1	Diagnose de aprendizagem dos conteúdos relacionados à Química Orgânica e o ensino inclusivo.	Fez-se a análise das respostas da entrevista (Etapa 1 da proposta didática) que buscou investigar e compreender o processo de aprendizagem dos alunos com DV, relacionado aos conteúdos de Química Orgânica durante o ensino médio.
2	O processo de aprendizagem do aluno com deficiência visual a partir da proposta didática	Foram analisadas as interações e experiências dos alunos com DV com os materiais desenvolvidos na proposta didática (Etapas 2-5) relacionadas a aprendizagem de Química Orgânica
3	Perspectiva dos alunos DV quanto o desenvolvimento da pesquisa	Analisou-se as respostas da entrevista dos participantes do estudo (Etapa 6 da proposta didática) frente a própria participação na pesquisa e possíveis contribuições para o processo de aprendizagem.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

DIAGNOSE DE APRENDIZAGEM DOS CONTEÚDOS RELACIONADOS À QUÍMICA ORGÂNICA E O ENSINO INCLUSIVO - (ETAPA 1 DA PROPOSTA DIDÁTICA)

Com base na análise dos dados da entrevista, os resultados foram divididos, *a priori*, em duas categorias definidas, que compreendem os sub tópicos desta seção: “Experiências dos alunos com deficiência visual nas aulas de Química” e “Conhecimentos de princípios da Química Orgânica”.

Experiências Dos Alunos Com Deficiência Visual Nas Aulas De Química

Nesta categoria buscamos explorar as experiências dos participantes da pesquisa na perspectiva de um ensino inclusivo de Química durante suas trajetórias escolares e as melhorias que podem ser adotadas. Quando questionados se gostam de estudar Química ambos afirmaram que sim, no entanto, o aluno A relatou que por vezes têm medo de não conseguir aprender e que quando recebe ajuda se sente mais seguro.

Com relação às dificuldades de compreensão dos conteúdos de Química os alunos relataram:

Aluno A: A dificuldade que eu tenho é que é muita coisa de uma vez e eu não consigo entender. O professor fala *ta* vendo isso aqui? Por isso, é assim! Mas eu não *tô* vendo, mais se me explicar direitinho eu entendo sim.

Aluno B: Tenho dificuldade sim! Principalmente na parte de cálculos, acho que falta mais materiais *pra* ajudar a gente na aula de Química.

Nos relatos dos alunos, identifica-se a necessidade de mudança nas narrativas de grande apelo visual, utilizadas pelos professores, através de estratégias de interação e comunicação com seus alunos que favoreçam a aprendizagem do aluno com deficiência visual. Tureck e Macagnan (2021) enfatizam em seu trabalho que somente a oferta do apoio especializado apenas nas salas de recursos multifuncionais não oferece reais condições para uma educação inclusiva, as autoras consideram a necessidade de adaptar processos para o desenvolvimento da aprendizagem do aluno na sala de aula do ensino comum, o que perpassa pelo acesso a recursos pedagógicos e tecnológicos, formação continuada dos professores e um projeto político pedagógico que oportunize o desenvolvimento humano integral. Baptistone et al. (2017) destacam que quando avaliada a inclusão do aluno cego é evidente que os docentes se sentem despreparados para atender tal público e apontam serem necessárias várias mudanças na atividade docente que incluem aulas, materiais didáticos e mudanças na infraestrutura, bem como, a importância de capacitação para complementar sua formação, pois assim, poderiam se sentir melhor preparados para ministrar aulas aos alunos cegos.

Quanto à forma que os conteúdos de Química foram desenvolvidos e sobre o que poderia melhorar, ambos os alunos relataram que a maioria das aulas ocorrem com a utilização do quadro, livro didático e exercícios e que seria melhor se os materiais trabalhados fossem adaptados, no entanto, consideramos importante destacar o recorte a seguir quanto a avaliação do processo de inclusão na escola, A e B avaliaram que:

Aluno A: Acho que é bom! Me tratam bem, os professores me ensinam (alguns só que não entendem muito bem a minha deficiência) mas a maioria me ajuda e aí quando eu não consigo a professora M me ajuda a fazer os trabalhos.

Aluno B: É bom sim. A escola é muito boa e a professora M ajuda muito a gente.

No recorte acima, a professora M mencionada é a professora de Educação Especial. Segundo Mól e Caixeta (2020) a inclusão na educação vai além de

mudanças no espaço físico, perpassa pela democratização da escola onde todos compartilhem responsabilidades com o processo de inclusão, inclusive o educando. Neste sentido, percebe-se que a visão de inclusão dos próprios alunos com deficiência visual limita-se à garantia de acesso à uma escola no ensino regular, a presença de um espaço físico destinado ao atendimento especializado, bem como, com a assistência da professora de Educação Especial. Dessa forma, entendemos serem necessárias mudanças no sistema educacional proporcionando vivências pedagógicas mais democráticas aos educandos, que de fato consolida um atendimento que atenda todas as necessidades dos alunos com deficiência e possibilite um maior entendimento das concepções dos professores acerca da inclusão.

Conhecimentos De Princípios Da Química Orgânica

Na terceira e última categoria da entrevista buscou-se compreender como ocorreu o processo de aprendizagem dos conteúdos referentes à Química Orgânica. Os alunos A e B foram questionados sobre o conceito de Química Orgânica, as características do elemento químico carbono e quanto ao seu conhecimento sobre as funções orgânicas. E, mesmo sendo alunos concluintes do Ensino Médio, que já estudaram o conteúdo com o professor regente, os referidos alunos não apresentaram domínio acerca dos conteúdos mais gerais sobre Química Orgânica, bem como, não conseguiam fazer relações com aplicações do tema com o cotidiano.

Para Vygotsky, segundo Nuernberg (2008), as limitações do deficiente visual ficam reservadas às questões de orientação e mobilidade espacial, onde o desenvolvimento do conhecimento fica preservado por ser construído a partir das relações sociais. Neste sentido, as perspectivas teóricas de Vygotsky ressaltam que o desenvolvimento da aprendizagem da pessoa com deficiência visual ocorre pela compensação social, onde a impossibilidade de conexão direta com a experiência visual é superada pelo acesso a realidade através da significação.

Desta forma, observam-se falhas no processo formativo desses estudantes, como não compreender e formar conceitos sobre os compostos orgânicos, bem como, não reconhecer e interpretar as representações utilizadas. Entende-se que o processo ocorre desta forma fomentado pela falta de uma mediação adequada e adaptações metodológicas que possibilitem a construção mental de representações, a partir de uma exploração multissensorial de forma a dar condições de acesso à realidade inserindo o aluno com deficiência visual no processo de ensino e aprendizagem. Os relatos dos alunos A e B foram importantes para a compreensão acerca das suas perspectivas sobre ensino inclusivo, assim como, sobre as suas experiências vivenciadas nas aulas de química e suas principais dificuldades em relação a aprendizagem dessa disciplina, o que norteou a abordagem das próximas etapas da proposta didática.

O PROCESSO DE APRENDIZAGEM DO ALUNO COM DEFICIÊNCIA VISUAL A PARTIR DA PROPOSTA DIDÁTICA - (ETAPAS 2-5 DA PROPOSTA DIDÁTICA)

O uso de recursos tecnológicos pode atender necessidades específicas, favorecendo o processo de ensino e aprendizagem, ao proporcionar condições e estratégias individualizadas que possibilitam o desenvolvimento de habilidades de alunos com deficiência contribuindo para o processo de inclusão. Nessa perspectiva, visando atender as lacunas e necessidades do processo formativo identificadas na aplicação da primeira etapa da proposta didática (entrevista), nas etapas (2-5) da proposta didática são utilizadas representações químicas oriundas da impressão 3D e arquivos de audiodescrição para apresentação e discussão dos principais pontos referentes à Química Orgânica.

A partir da análise das fichas de observação e avaliação da exploração do material e dos problemas propostos em cada etapa, organizamos os dados em duas categorias descritas a seguir, que compreendem o título dos subtópicos desta seção: Exploração do conteúdo de Química Orgânica a partir das representações em 3D e Audiodescrição e Avaliação do desempenho dos alunos com DV.

Exploração do Conteúdo de Química Orgânica a partir das Representações em 3D e Audiodescrição.

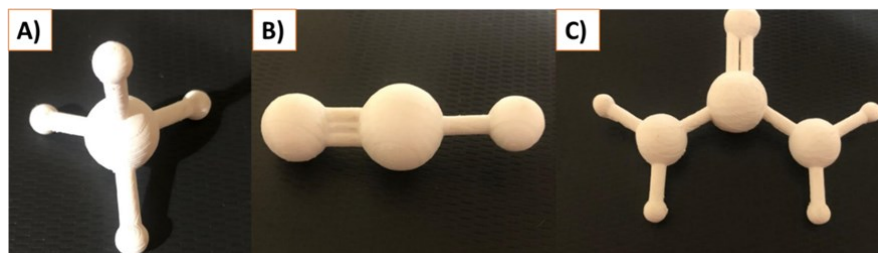
Nesta categoria analisamos as estratégias utilizadas na proposta didática, adaptadas aos referenciais perceptuais dos alunos com DV para o ensino de Química Orgânica considerando os sentidos do tato e da audição para a construção das imagens mentais que permitem uma maior compreensão das representações orgânicas a partir dos modelos em 3D e audiodescrição.

Neste sentido, foram apresentados os tópicos de Química Orgânica: i) Introdução ao estudo de química orgânica, ii) Leitura e interpretação das representações de estruturas orgânicas, iii) Classificação das cadeias carbônicas e iv) Funções orgânicas. Para cada tópico foi desenvolvido um conjunto de materiais impressos em 3D e seus respectivos arquivos de audiodescrição.

Os recortes apresentados a seguir retratam as interações e experiências dos participantes no processo de exploração do conteúdo a partir dos materiais desenvolvidos.

Iniciamos com a apresentação do histórico da Química Orgânica abordando os temas: os conceitos para o termo “Orgânico”, a teoria da Força Vital e a síntese de Wohler (síntese da ureia a partir do cianato de amônio). Durante a abordagem desses temas foram utilizadas as representações químicas em 3 dimensões (Figura 3) e os arquivos de audiodescrição, a fim de que os alunos pudessem compreender e formar conceitos sobre a Química Orgânica, a partir de estímulos táteis e auditivos.

Figura 3 – Estruturas químicas impressas em filamento ABS que representam os compostos que participam da síntese da: C) ureia a partir do A) íon amônio e B) íon Cianato.

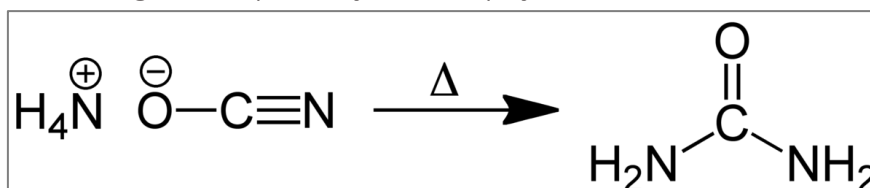


Fonte: Autoria própria (2022).

A partir dessas três representações explorou-se a percepção tátil e auditiva para o reconhecimento e diferenciação dos átomos de Carbono (C), Nitrogênio (N), Oxigênio (O) e Hidrogênio (H). Como as representações apresentam tamanhos dos átomos diferenciados conforme as propriedades periódicas, abordou-se discussões sobre o raio atômico e os fatores que influenciam no tamanho dos átomos.

A síntese de Wohler é um símbolo importante na conceituação da Química Orgânica, sendo frequentemente representada, tanto nas aulas de química, quanto nos livros didáticos pela equação apresentada na Figura 4.

Figura 4 – Representação 2D da equação de síntese da ureia.

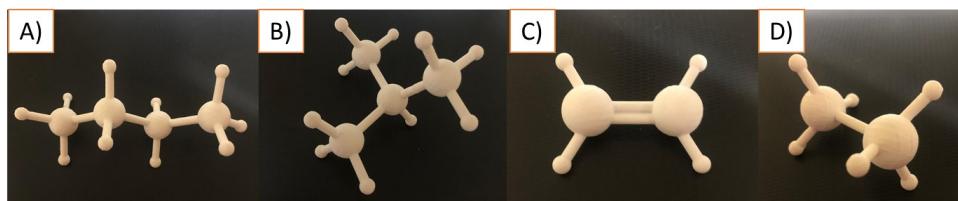


Fonte: Autoria própria (2022).

Entende-se que esse tipo de representação dificulta o entendimento de alunos normovisuais, por ser muito abstrata, e exclui o aluno, com deficiência visual do processo de aprendizagem por não oportunizar que o conteúdo dialogado seja relacionado a uma representação mental e consequente formação de conceitos.

Na sequência, foi apresentado alguns modelos 3D para explorar o tópico iii) Classificação das cadeias carbônicas. A Figura 5 mostra exemplos de estruturas utilizadas para trabalhar os conceitos de cadeias normal (lineares) ou ramificadas (substituídas com grupos alquilas), bem como, cadeias saturadas (com somente ligações simples entre os átomos de carbonos) ou insaturadas (com presença de ligações duplas e/ou triplas entre os átomos carbonos).

Figura 5 – Estruturas químicas impressas em filamento ABS que representam a diferença entre cadeias A) normal ou B) ramificada e entre C) insaturada e D) saturada.



Fonte: Autoria própria (2022).

Vale ressaltar que além das ideias representadas na Figura 5, exploramos a partir de outras estruturas 3D impressas, aspectos da classificação de cadeias carbônicas como a diferenciação entre alifáticas e aromáticas, homogênea e heterogênea e as principais funções orgânicas. O resultado impactou positivamente os participantes da pesquisa conforme retratado a seguir:

Aluno A: Eu gostei! Achei muito bom! Acho que *to* aprendendo bem mais agora o áudio também é bom ele me diz direitinho o que eu *to* tocando.

Aluno B: Eu achei muito interessante as moléculas. Fica bem mais fácil assim.

Neste ponto, observou-se a importância da utilização da audiodescrição no auxílio deste processo de manipulação das estruturas. Diferentemente de outras tecnologias assistivas, a audiodescrição não é um recurso que possa ser adquirido isoladamente e ser utilizado quando o usuário desejar. Trata-se de um recurso veiculado junto com os produtos que, desta forma, passam a ser acessíveis a pessoas cegas (ULBRICHT; VANZIN; VILLAROUCO, 2011).

Assim, destaca-se da teoria de Vygotsky (2011) que caminhos indiretos de desenvolvimento são possibilitados por diferentes interações quando o caminho direto está impedido. Ou seja, no caso de pessoas com deficiência visual, a utilização de diferentes estratégias sensoriais seria a principal esfera em que é possível compensar a deficiência.

Avaliação Do Desempenho Dos Alunos Com DV

A partir da observação sistemática de cada etapa e resolução dos problemas propostos, verificou-se que os alunos A e B conseguiram associar de forma satisfatória os conteúdos de audiodescrição às representações em 3D reconhecendo as representações moleculares, os diferentes átomos e tipos de ligação. Além do tato, o aluno B (que tem baixa visão) consegue diferenciar os átomos pela percepção visual, entretanto os tipos de ligação só são, por ele percebidas, através do tato e audiodescrição.

Observou-se que, o tempo de exploração tátil é diretamente proporcional ao aumento do tamanho e complexidade da cadeia carbônica, sendo o reconhecimento dos carbonos terciários e quaternários e dos diferentes grupos funcionais os mais difíceis de serem identificados tendo o processo de exploração mais longo.

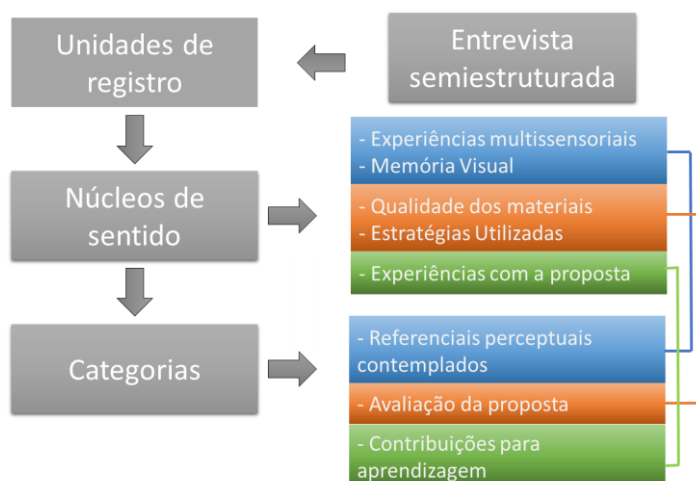
A partir do diálogo sobre os tópicos supracitados e do reconhecimento dos modelos em 3D foram propostos problemas referentes a cada etapa onde ambos

os alunos podiam responder tateando as estruturas. O Aluno A respondeu a maioria dos problemas propostos de forma excelente, explorando bem os materiais e compreendendo bem as representações estabelecendo inclusive relações com os conteúdos das etapas anteriores. O aluno B apresentou, inicialmente, uma exploração tátil mais tímida e mais dificuldades na resolução dos problemas propostos. Entendendo que o processo de aprendizagem ocorre de maneira singular e que o processo de interação entre professor e aluno é um aspecto fundamental para a aprendizagem dentro do contexto da teoria de Vygotsky (2007) que destaca a importância das interações sociais defendendo a ideia da mediação e da internalização como elemento essencial na construção do conhecimento, foram realizadas intervenções, através de diálogos e maior tempo de exploração dos modelos 3D, para uma maior utilização dos referenciais perceptuais táteis do Aluno B que contribuíram para o reconhecimento das representações e resolução dos problemas.

PERSPECTIVA DOS ALUNOS COM DV QUANTO O DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DIDÁTICA - (ETAPA 6 DA PROPOSTA DIDÁTICA)

A partir das principais falas dos alunos com DV emergiram categorias resultantes da transcrição e isolamento das unidades de registro (respostas dos alunos), seguida da identificação e reunião de falas em comum dos entrevistados (núcleos de sentido). A figura 6 apresenta a esquematização da formação das categorias não definidas a priori.

Figura 6 – Esquema da emergência das categorias a partir dos núcleos de sentido isolados das narrativas dos alunos.



Fonte: Autoria própria (2022).

Referenciais Perceptuais Contemplados

Sobre a categoria de referenciais perceptuais os relatos dos participantes a seguir retratam a relação entre a exploração multissensorial dos sentidos remanescentes com a facilitação da aprendizagem dos temas abordados:

(P1- Aluno A): Acredito que os objetivos foram alcançados sim. Deu *pra* entender as coisas que eu não entendia antes de tocar nos modelos.

(P1- Aluno B): Sim, com as peças em 3D e os áudios ficou mais fácil entender os assuntos das etapas.

(P4- Aluno A): Acho que tateie bem os modelos e deu *pra* diferenciar os átomos. O áudio também ajudou muito porque ia falando e eu ia acompanhando com a mão e reconhecia os modelos.

Destaca-se, portanto, que com a utilização de estruturas químicas adaptadas combinadas à audiodescrição estamos despertando no discente DV o referencial perceptual que lhes contempla, neste caso, a percepção do tato aliado à audição. É importante lembrar que na visão de Masini (2007), o deficiente visual tem sua dialética diferente, devido ao conteúdo e à sua organização, cuja especificidade é a de se referir aos sentidos predominantes de que dispõe.

Avaliação Da Proposta

Acreditamos que as perspectivas dos alunos inseridos no processo são fundamentais para a avaliação da proposta aplicada. Neste sentido, buscamos compreender quais as percepções formadas frente aos materiais e estratégias utilizadas. A seguir destacamos alguns recortes das unidades de registro que contemplam essas percepções:

(P2- Aluno A): *Pra* mim *tava* bom! Deu *pra* perceber a diferença no tamanho dos átomos e das ligações nas moléculas e os áudios me dizia exatamente onde *tava* tocando.

(P2- Aluno B): Eu achei muito boa! A combinação do áudio com as moléculas é muito melhor ir ali tocando e ouvindo ai já sabe no passo a passo o que têm na molécula.

(P5- Aluno A): *Pra* mim foi mais fácil assim por etapas. A cada etapa eu ia aprendendo mais.

(P5- Aluno B): Foi melhor assim mesmo. Ia complicar se fosse tudo de uma vez assim eu ia juntando o passo a passo até aprender tudo.

Podemos perceber nas respostas dos alunos quanto a qualidade dos materiais utilizados que através desses recursos os sentidos remanescentes foram explorados de forma satisfatória pois contribuíram para o reconhecimento e interpretação das representações utilizadas em Química Orgânica. Klein (2017), ressalta que para um bom entendimento da disciplina é crucial que se aprenda a ler e interpretar todas as informações contidas na representação e que a falta dessas habilidades inviabiliza o domínio até mesmo de conceitos mais básicos. Vygotsky (2007) corrobora expondo que para que todos tenham a oportunidade de aprender, apesar de suas diferenças, é fundamental que se utilize da diversidade de estratégias e recursos favorecendo a aprendizagem por caminhos não impedidos.

Quanto a estratégia evidenciada na quinta pergunta (P5) de dividir a apresentação e exploração dos conteúdos por etapas os alunos avaliaram de forma positiva, apresentando uma construção gradativa de conhecimento e

resolução de problemas mais simples a partir do domínio de princípios básicos até o estabelecimento de conexões com etapas anteriores e resolução de problemas mais complexos. Klein (2017), ressalta que a divisão do conteúdo por etapas fornece ao aluno os pré-requisitos essenciais para o desenvolvimento da autonomia de construir o seu próprio conhecimento.

Contribuições Para A Aprendizagem

Em relação ao núcleo de sentidos das experiências vivenciadas durante a aplicação da proposta didática os alunos destacaram algumas experiências que convergiram para a categoria em questão:

(P10- Aluno A): Achei muito importante pra mim participar dessa pesquisa. Pude aprender mais com a minha visão tátil aquilo que o professor me explicava na sala e eu não entendia.

(P10- Aluno B): Achei muito boa! Acho que consegui aprender bem mais agora com esses materiais do que só ouvindo na sala.

A partir das observações realizadas do recorte apresentado acima, entendemos ser necessária a utilização de materiais e estratégias adaptadas para promover o ensino inclusivo, a fim de, materializar conteúdos abstratos, promover acesso à linguagem científica e oportunizar a construção de conhecimentos pelos estudantes com deficiência visual. Vygotsky (2007) ressalta a importância da linguagem no desenvolvimento do indivíduo, de se criar uma relação natural entre linguagem e pensamento a fim de promover o desenvolvimento cognitivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta didática desenvolvida se mostrou inclusiva, pois favoreceu a acessibilidade à linguagem química levando a uma aprendizagem dos conteúdos de Química Orgânica por alunos com deficiência visual. A estratégia de associar o recurso de audiodescrição aos modelos tridimensionais assistiu os alunos na leitura das representações químicas possibilitando a construção de representações mentais que ampliaram a comunicação e o acesso à linguagem científica pela utilização dos sentidos remanescentes dos alunos contemplando seus referenciais perceptuais.

As observações realizadas e as narrativas dos participantes durante a aplicação da proposta didática evidenciaram alunos motivados durante as aulas, concentrados na resolução dos problemas e bastante entusiasmados em participar do processo de construção de novos conhecimentos. Os alunos participantes da pesquisa aprovaram a proposta e conseguiram compreender os conceitos estudados, e assim houve contribuições para o processo de aprendizagem dos conteúdos de Química Orgânica.

Por fim, diante das observações e discussões realizadas acerca da aplicação da pesquisa concluímos que a proposta didática e os materiais desenvolvidos podem contribuir para que alunos com deficiência visual possam compreender e formar conceitos sobre Química Orgânica e posteriormente aplicá-los na

resolução de problemas. Neste sentido, é fundamental que o professor compartilhe responsabilidades com o processo de inclusão, reconhecendo as diferenças e traçando estratégias que promovam acessibilidade e desenvolvimento humano integral dos alunos com deficiência.

Organic Chemistry for visually impaired students: a learning strategy combining the use of 3D models and audio description

ABSTRACT

Chemistry teaching presents its concepts based on the visualization of representations, models and images for the understanding of its contents. Thus, the adaptation of teaching materials and the use of different teaching strategies are fundamental conditions to provide opportunities for the construction of knowledge by students with visual impairment. However, particularly in public high school, there are limitations in the use of adapted teaching materials. Herein, the main objective is to evaluate a didactic proposal, which uses 3D chemical structures combined with audio description, for learning Organic Chemistry contents addressed to visually impaired students. The research is based on a qualitative approach and systematic observation, a semi-structured interview and a didactic proposal. It is intended to analyze the data through content analysis in the light of Laurence Bardin's theory. The results demonstrated the potential of the didactic proposal to contribute to the teaching and learning process related to Organic Chemistry, favored through exchanges and interactions with adapted materials, enabling visually impaired students to understand the concepts involved in chemical representations.

KEYWORDS: 3D printing. Visual impairment. Chemistry teaching.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 16452 - **Acessibilidade na comunicação – Audiodescrição**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- BAPTISTONE, G. F.; NETO, I. A. M.; TOYAMA, K. S. F.; PRAIS, F. L. S. A Inclusão Do aluno cego na educação superior: percepções de professores de um curso de licenciatura em Química. **ACTIO**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 98-121, jan./jul. 2017.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70 Ltda/Almedina Brasil, p. 279, 2011.
- BHARTI, N.; SINGH, S. Three-dimensional (3D) printers in libraries: Perspective and preliminary safety analysis. **Journal of Chemical Education**, v. 94, p. 879-885, 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica – SEMTEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação, **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 07 de agosto de 2021.
- CATALDO, R.; GRIFFITH, K.; FOGARTY, K. Hands-On Hybridization: 3D-Printed Models of Hybrid Orbitals. **Journal of Chemical Education**, v. 95, p. 1601-1606, 2018.
- CATÃO, S. N. **Educação inclusiva com cegos: prática de leitura de leitores em atividades na disciplina de Química**. 2019. 133 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2019.
- COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research methods in education**. 8th ed. New York: Routledge, 2018.
- CRESWELL, J. W. Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3.ed.- Porto Alegre: Artmed, 2010.
- DABKE, R.; HARRELL, M.; MELAKU, S.; RAY, L.; TURNER, H. QR Code Labels and Audio Commentaries for Commonly Used Chemistry Laboratory Apparatus: An Assisted Learning Experience for Visually Impaired Students. **Journal of Chemical Education**, v. 98, n. 10, p. 3395-3399, 2021.
- DE FARIAS, F.M.C; DEL-VECCHIO, R. R.; CALDAS, F. R.R.; GOUVEIA-MATOS, J. A. M. Construção de um Modelo Molecular: Uma abordagem interdisciplinar química-matemática no ensino médio. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 3, 2015.
- FERREIRA, J. E. V.; PADILHA, M. V. S.; MARTINS, R. M.; TRINDADE, M. E. C.; COSTA, D. K. D.; SUZUKI, J. C. **Manual de imagens para deficientes visuais**. 1ª ed.

Universidade de São Paulo. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, 2021.

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

MASINI, E. S.; GASPARETTO, M. E. R. F. **Visão Subnormal um enfoque educacional**. 1ª edição. São Paulo: Editora Vetor, 2007.

MASINI, E. S. (Org.) **A pessoa com deficiência visual**: um livro para educadores. São Paulo: Vetor, 2007.

MINAYO, M. C. S. Importância da Avaliação Qualitativa combinada com outras modalidades de Avaliação. **Saúde & Transformação Social**, v. 2, n. 2, p. 2-11, 2011.

MÓL, G.; CAIXETA, J. E. **O Ensino de Ciências na Escola Inclusiva**: múltiplos olhares. vol.2. Campos dos Goytacazes, RJ, 2020.

NUERNBERG, A. H. Contribuições de Vigotski para a educação de pessoas com deficiência visual. **Psicol. estud.**, Maringá, v. 13, n. 2, p. 307-316, 2008.

PINGER, C. W.; GEIGER, M. K.; SPENCE, D. M. Applications of 3D-Printing for Improving Chemistry Education. **Journal of Chemical Education**, v. 97, p. 112-117, 2020.

ROBERTSON, M. J.; JORGENSEN, W. L. Illustrating Concepts in Physical Organic Chemistry with 3D Printed Orbitals. **Journal of Chemical Education**, v. 92, n. 12, p. 2113-2116, 2015.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

TOLEDO, K. C.; RIZZATTI, I. M. Modelos atômicos e a impressora 3D: proposta para a inclusão de alunos deficientes visuais no ensino de química. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 2, 2021.

TURECK, T. Z.; MACAGNAN, S. S. M. As Políticas Públicas De Educação Especial E O Processo De Reestruturação Da Política Nacional De Educação Especial Na Perspectiva Da Educação Inclusiva. **Revista Ciranda, [S. l.]**, v. 5, n. 3, p. 177-197, 2021.

ULBRICHT, V. R.; VANZIN, T.; VILLAROUCO, V. **Audiodescrição como tecnologia assistiva para o acesso ao conhecimento por pessoas cegas**. Ambiente virtual de aprendizagem inclusivo. Florianópolis: Pandion, p.189-232, 2011.

VIGOTSKI, L. S. A defectologia e o estudo do desenvolvimento e da educação da criança anormal. **Educação e Pesquisa**. v. 37, n. 4, p. 863-869, 2011.

VYGOTSKY, L. S. **A formação Social da Mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 7. Ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

Recebido: 13 abr. 2022

Aprovado: 01 ago. 2022

DOI: 10.3895/actio.v7n2.15387

Como citar:

LIMA, Adriana Maria Queiroz da Silva; FERREIRA, João Elias Vidueira; SOUZA, Ronilson Freitas de. Química orgânica para alunos com deficiência visual: uma estratégia de aprendizagem combinando uso de modelos 3D e audiodescrição. **ACTIO**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 1-23, mai./ago. 2022. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>>. Acesso em: XXX

Correspondência:

Adriana Maria Queiroz da Silva Lima

adrianaqslima@gmail.com

Av. Augusto Montenegro, s/n - Km 03 - Mangueirão, Belém, Pará, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

