



Pirâmide holográfica como recurso instrucional para inserção de imagens 3D no ensino de isomeria óptica

Holographic pyramid as an instructional resource for inserting 3D images in the teaching of optical isomerism

10.56238/isevmjv3n1-022

Recebimento dos originais: 19/02/2024

Aceitação para publicação: 07/03/2024

Milene Graciele de Almeida

ORCID: 0000-0003-0383-9314

Doutoranda pela Universidade Estadual de Londrina, Paraná, Brasil

E-mail: milene.almeida@uel.br

Marcelo Maia Cirino

Professor Doutor da Universidade Estadual de Londrina, Paraná, Brasil

ORCID: 0000-0002-5377-382X

ORCID: mmcirino@uel.br

RESUMO

As Novas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação e as suas aplicações no ensino da Química, vem se destacando como contribuinte para a promoção de conceitos que possuem abstração. Em busca de inovações que possam cooperar com o ensino da Isomeria Óptica, investigamos a colaboração do ensino deste conceito proporcionado em uma sequência didática com enfoque CTS e com aporte de recurso didático pedagógico, a pirâmide holográfica para representação de imagens 3D. A pesquisa aplicada é de caráter qualitativo e o público-alvo foi composto por 35 estudantes do ensino médio de um colégio estadual localizado em Vera Cruz do Oeste, Paraná. Os estudantes participaram de duas aulas que compuseram uma sequência didática abordando a “Isomeria Óptica e Medicamentos”, e a partir dos dados coletados, analisamos a construção do conhecimento e o estabelecimento das relações necessárias para a aprendizagem. Os métodos de análise fundamentaram-se nos procedimentos da Análise Textual Discursiva, a categorização foi adaptada e realizada a *priori* pelo método dedutivo com aporte na Taxonomia Digital de Bloom e a partir da Teoria da Dupla Codificação foram interpretados os materiais resultantes da aplicação da pesquisa. Observamos que alguns estudantes contemplam os três níveis do processamento cognitivo estabelecidos por Paivio (1971), sendo o representacional, o referencial e o associativo, no entanto, para outros estudantes analisamos a necessidade de diferentes estímulos para que estabelecessem conexões concretas. Sugerimos a Teoria da Dupla Codificação para a análise do ensino promovido a partir de imagens 3D, contemplando os conceitos abstratos da Isomeria Óptica e ressaltamos a importância da tecnologia digital aplicada nos métodos de ensino da Química.

Palavras-chave: Teoria da dupla codificação, Isomeria óptica, Imagens 3D, Novas tecnologias digitais, Enfoque CTS.



1 INTRODUÇÃO

As Novas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (NTDICs) e o ensino da Química veem caminhando juntas com o propósito de aprimorar as técnicas e os métodos que favoreçam a possibilitação de conceitos no ambiente escolar. Neste sentido, voltamos o olhar para os métodos de ensino e aquisição do conhecimento partindo de aparatos tecnológicos utilizados como recurso didático pedagógico e inserido nas aulas, tendo em vista, que a tecnologia pode colaborar com a prática pedagógica e atuar como contribuinte na abordagem dos conceitos, favorecendo aos estudantes no estabelecimento de referenciais concretos que viabilizam a aprendizagem.

Deste modo, ao pensar em um conceito o qual exige a visualização 3D para uma compreensão aprofundada, abordamos o conteúdo da Isomeria Óptica que faz parte do componente curricular da Química Orgânica que é aplicada aos estudantes do segundo e terceiro ano do Ensino Médio. Para a abordagem deste conteúdo, elaboramos uma sequência didática com enfoque CTS e utilização de recurso didático pedagógico “pirâmide holográfica” para reprodução de estruturas de isômeros ópticos em 3D acompanhadas de narrativas dos conceitos subjacentes deste componente curricular.

Assim, partimos dos conhecimentos da Teoria da Dupla Codificação (TDC) de Allan Paivio (1971), e procuramos nesta investigação responder à seguinte questão de pesquisa: “*A utilização de imagens holográficas 3D, possibilitadas a partir de uma sequência didática com enfoque CTS para o ensino da Isomeria Óptica, colabora com a construção de memórias concretas?*”. Além disso, observamos se houve o processamento referencial, representacional e associativo, após análise das descrições emitidas pelos estudantes ao estabelecerem relações provenientes da imaginação com a palavra “Isomeria Óptica”.

Para a análise das respostas atribuídas ao questionário aplicado aos estudantes após, a abordagem com a sequência didática, seguimos os procedimentos da Análise Textual Discursiva de Moraes e Galiazzi (2011), na qual utilizamos o método dedutivo para estabelecer uma categorização *a priori*, e estabelecemos concordância com os níveis do conhecimento adaptando a Taxonomia Digital de Bloom (Churches, 2008). Para responder a questão de pesquisa, atribuímos as unidades de análise e as interpretamos de acordo com a Teoria da Dupla Codificação, relacionando esta com as atribuições que esperávamos como resposta dos estudantes.

Assim, discutimos sobre os impactos das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) no ensino e a potencialidade da Teoria da Dupla Codificação (TDC) para análise de métodos de ensino com abordagem a partir de imagens 3D, promovidas por aparato



tecnológico, a pirâmide holográfica. Em seguimento, apresentamos o aporte teórico e a metodologia, na qual descrevemos os participantes da pesquisa e os procedimentos que nos encaminharam para a interpretação dos dados. Por fim, expomos nossos achados a partir de um metatexto articulado com as considerações analisadas partindo do depoimento coletado na questão de pesquisa direcionada aos estudantes.

2 NOVAS TECNOLOGIAS DIGITAIS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO E AS IMAGENS TRIDIMENSIONAIS NO ENSINO DA QUÍMICA

A Tecnologia Digital da Informação e Comunicação (TDIC) se mantém crescente e desde meados dos anos 70 é aplicada ao ensino no Brasil. Podemos observar a partir dos aparatos tecnológicos que passaram por diversas transformações e inovações e atualmente contamos com o acesso facilitado a tablets, computadores e celulares. Outro fator observado é o número crescente de aplicativos, sites e softwares voltados para o auxílio da didática em sala de aula, no entanto, para que esses possam ser trabalhados de maneira a promover o conhecimento e possibilitar a aprendizagem do aluno é exigido um estudo aprofundado e um processo de preparação do professor para a seleção de material adequado e de acordo com a realidade do estudante, ainda observamos as condições estruturais disponíveis nos colégios para que as adaptações realizadas sejam criativas e proporcione ao estudante o contato com as novas tecnologias digitais aplicadas ao ensino.

É importante destacar que ao utilizarmos o termo TIC e TDIC, nos referenciamos em Leite (2021, p.57), que os diferencia e define da seguinte forma: TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação) é onde as tecnologias disponíveis “agrupam ferramentas informáticas e telecomunicativas como: televisão, vídeo, rádio, internet etc., e todas essas tecnologias tem em comum a utilização de meios telecomunicativos que facilitam a difusão da informação”, enquanto as TDICs é a utilização das tecnologias digitais como o computador, *tablets*, *smartphones*, *smart TV* e demais aparelhos digitais que permita a navegação na internet.

Desta forma, podemos observar que inúmeras são as contribuições da internet em nosso cotidiano, e estas têm como objetivo facilitar a vida de uma população em diversos aspectos da sociedade. Logo, no âmbito educacional a tecnologia digital contribui com o professor nas mais variadas práticas pedagógicas, sendo consideradas como inovadoras e capazes de promover mudanças significativas no ensino e na aprendizagem escolar (Giordan, 2008).

No entanto, no espaço educacional, em sua maioria as escolas públicas, estudantes se deparam com a desigualdade e a exclusão digital, pois há escassez de computadores, difícil acesso



a rede de internet, principalmente a internet sem fio (*wi-fi*), e ainda, os currículos escolares extensos limitam os professores quanto ao uso da criatividade para adaptar o conteúdo curricular utilizando aplicativos, *softwares*, jogos e demais alternativas tecnológicas que venham a colaborar com o processo de ensino.

Deste modo, Leite (2019) aborda o uso de estratégias para o uso das NTDICs para o ensino e para a aprendizagem, pois estas são capazes de fornecer suporte ao processo pedagógico quando incorporadas a aula em momentos estratégicos, todavia, para que haja mudanças significativas no processo educativo a compreensão da sua utilização deve ser estabelecida, ou seja, o aluno, deve ser esclarecido que a tecnologia utilizada em sala de aula é um contribuinte, capaz de possibilitar e promover conceitos de difícil visualização tornando possível o processo de aprendizagem.

Diante do exposto, analisamos o ensino da Ciência Química possibilitado por meio das TDICs, pois, há os conteúdos considerados abstratos e de difícil visualização, ou seja, conteúdos na qual a assimilação causa noções inadequadas e dificultam a interpretação do estudante, Souza, Leite e Leite (2015, p.141) cita que “a Química é uma disciplina considerada abstrata, a compreensão e a formulação de modelos mentais são necessárias”, neste sentido as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação através de *softwares*, aplicativos e sites podem suprir e colaborar na formação de referenciais mentais superando os obstáculos epistemológicos e desenvolvendo a mentalidade científica do aluno.

Em concordância, citamos o artigo “Tecnologias no ensino de química: passado, presente e futuro” de Leite (2019), no qual foi observado que o autor traça uma linha do tempo do uso de computadores para o ensino da química e descreve a evolução da tecnologia aplicada ao ensino seguindo as inovações e os aparatos tecnológicos disponíveis no decorrer das últimas décadas. Em seu histórico é relatado, experiências e trabalhos desenvolvidos com estudantes utilizando as novas tecnologias digitais e observamos que, sobre o uso do computador, a citação de trabalhos desenvolvidos que o utilizam como recurso pedagógico educacional para o ensino da Química são escassas.

Ressaltamos que a introdução das NTDICs nas aulas de Química são caracterizadas como inovações contribuintes na prática pedagógica, das quais favorecem a construção do conhecimento permitindo que o estudante interaja e produza significados aos conceitos, e de acordo com Leal *et al.* (2018) o uso da tecnologia no processo de ensino contribui para a participação ativa do estudante, estas são capazes de transformar o espaço educacional, o processo educativo e ainda possibilita inovações na prática docente.



Quanto ao ensino da Química Orgânica, cabe destacar que, Ferreira, Arroio e Rezende (2011), abordam o uso de ferramentas de modelagem 3D (tridimensionais) e a projeção em 2D partindo de aparatos tecnológicos, as quais permitem uma representação de modelos e proporcionam uma melhor exibição dos arranjos, processos e fenômenos químicos e devido ao nível microscópico e simbólico da Química, os softwares e aplicativos podem tornar a visualização de diferentes estruturas acessível a percepção humana e útil no ensino e na aprendizagem.

Assim, tendo em vista os aspectos abstratos da Ciência Química, destacamos a Química Orgânica e os conteúdos da Isomeria Óptica, pois os conceitos abordados exigem do aluno alto domínio de visualização espacial e a percepção 3D para que identifique a diferença entre as substâncias, em especial a quiralidade. De acordo com Rezende, Amauro e Rodrigues Filho (2016, p. 136), para o ensino da Isomeria Óptica nas escolas a modelagem bola bastão é a que ainda predomina na representação dos aspectos tridimensionais, os autores ainda afirmam que “a interconversão das representações 3D para 2D costumam ser negligenciadas no ensino de química”. Assim, identificamos que, mesmo que a modelagem seja representada virtualmente em 3D, ao ser reproduzida na tela do computador, *smart TV*, *tablets*, *smartphones* e retroprojetores a visualização do aluno será em 2D.

Raupp e Del Pino (2013), comentam sobre os desafios do ensino de estereoquímica no ensino médio devido a dependência de inteligência visuoespacial e a falta de visualização tridimensional, ou uma visualização inadequada ocasionando uma maior dificuldade na aprendizagem e por esta razão, para o ensino da Isomeria Óptica de forma a alcançar a compreensão dos conceitos, exige-se uma abordagem que beneficie aos professores no processo de ensino e aos estudantes no processo de aprendizagem de maneira que estes consigam visualizar estruturas moleculares em 3D e que estas sejam de livre acesso e esteja ao alcance de toda sociedade escolar.

Em vista disso, ao pensarmos em estruturas para representação em 3D nos revertemos aos hologramas, pois a holografia digital é uma tecnologia que está em desenvolvimento e por meio de efeitos de computação gráfica observamos nas mídias o uso de imagens tridimensionais por indústrias cinematográficas, eventos musicais e em campanhas publicitárias. Neste contexto, ao pensar a educação e as dificuldades por não possuímos até o momento um reproduzidor 3D de alta eficiência, buscamos por recursos que possam nos proporcionar essa visualização e que ao mesmo tempo apresente um baixo custo e possa ser acessível e abrangente a todas as comunidades escolares, portanto nos deparamos com o protótipo de pirâmide holográfica.



Assim, revertemos à utilização de pirâmide holográfica para a educação escolar e observamos que a concentração de artigos, teses e dissertações neste campo de pesquisa se concentra no estudo da óptica para explicação de fenômenos de luz no ensino da física. Esta afirmativa foi comprovada mediante pesquisas e buscas no *Google Acadêmico*, por ser um portal popular de artigos e de disponibilidade a todos, utilizando palavras-chave como “pirâmide holográfica”, “química”, “ensino” combinadas e com o auxílio dos operadores booleanos *and* e *aspas*, delimitando o período específico entre o ano de 2010 e 2022, no qual nos deparamos com 198 publicações, no entanto, quando a pesquisa se delimita para as palavras “pirâmide holográfica” *and* “química” para o mesmo período os resultados de publicações neste contexto caí para 13 e ao analisar as publicações encontradas dentre essas 13, podemos citar a aplicação do recurso não somente ao ensino da Química, mas aplicações para o ensino da matemática, biologia, educação infantil e artes.

De acordo com Schiviani, Souza e Pereira (2018), quando abordamos o lúdico, a pirâmide holográfica possui potencial para o ensino, pois pode despertar a curiosidade dos visualizadores entre as diferentes idades e dentro de todos os níveis de escolaridade, no entanto, fatores como ajustes de imagens, ambiente de reprodução e ângulo de observação devem ser estudados, assim como a abordagem do professor, ou seja, as imagens para que sejam interpretadas e determinantes para a aprendizagem devem ser acompanhadas de narrativas explicativas e indicativas, direcionando a curiosidade ingênua para o despertar da epistemológica.

Em concordância, Araújo (2018) afirma que, embora as imagens reproduzidas por pirâmides holográficas possam conter erros conceituais do ponto de vista científico e ainda que não sejam classificadas como um holograma, mas sim um protótipo, este pode despertar a curiosidade do estudante e realizar a transição, proporcionando a aprendizagem, ou seja, o estudante pode conservar as imagens observadas e associá-las as narrativas dos conceitos a serem estudados reproduzidos pelo professor e assim, manter o que aprendeu na memória de longa duração.

Destacamos o uso das imagens, principalmente se observarmos os níveis microscópicos e simbólicos da Química, pois existem inúmeras dificuldades em englobar esses dois níveis, visto que o nível simbólico envolve fórmulas, equações e estruturas e o nível microscópico envolve movimentos e arranjos de moléculas, átomos e partículas, já os fenômenos macroscópicos são passíveis de observação pois, correspondem aos processos químicos que são perceptíveis a visão (Pauletti, Rosa e Catelli, 2014).



Tendo em vista que, as imagens são muito importantes no ensino da Química, pois esta é uma ciência visual e para que os conceitos sejam compreendidos é necessário o despertar da imaginação para gerar uma representação do fenômeno estudado. Nessa perspectiva, dentre as principais teorias da aprendizagem existentes com aplicações para o estudo do ensino e da aprendizagem promovido por imagens e com a utilização das Novas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (NTDIC), utilizamos nesta pesquisa a que melhor interpretasse a investigação do uso das imagens acompanhadas de narrativas aplicadas para o ensino da Isomeria Óptica, a Teoria da Dupla Codificação.

3 TEORIA DA DUPLA CODIFICAÇÃO

Diante dos aspectos envolvendo as imagens 3D e as tecnologias digitais, destacamos a Teoria da Dupla Codificação (TDC) de Allan Paivio (1971), pois em seus estudos há o apontamento de que o sistema cognitivo é composto de dois canais que cooperam entre si e se mantem de forma independente realizando ligações, estes são definidos como o canal verbal e o não verbal, também chamado de imagético.

Nessa perspectiva, o canal não verbal tem sua especialidade em memorizar objetos, cenas e eventos que não envolvem palavras, ou seja, eventos não verbais e o outro canal é denominado de verbal pois, atua de forma direta na memorização da linguagem verbal produzida a partir da escrita ou por meio da fala e esses dois canais podem operar independentemente, em paralelo ou em conjunto (Frederico, 2016).

Dessa forma, realizamos um levantamento bibliográfico em busca de artigos que abrangessem a TDC, este em plataformas de periódicos científicos como *Capes-Cafe* e *Scielo* com operadores booleanos “and” e “aspas” aplicados as palavras “Teoria da Dupla Codificação”, “Química” e “Ensino”, e observamos que a utilização dessa teoria para o ensino da Química é escassa, sendo encontrado somente um estudo em ambos os portais, porém direcionado as imagens e o ensino da Física com as implicações da Teoria da Dupla Codificação dos autores Frederico e Gianotto (2016).

Ao consultar, os livros de Allan Paivio *Imagery and verbal processes* (1971), *Imagery and text: A dual coding theory of reading and writing* (Sadoski e Paivio, 2001) e *Minds and Evolution: a Dual Coding Theoretical Approach* (Paivio, 2014), consideramos o potencial da TDC para o estudo de como as imagens acompanhadas de narrativas se comportam no cérebro humano e a sua potencialidade para analisar o ensino promovido pelo uso das imagens aplicadas a conceitos considerados abstratos da disciplina de Química.



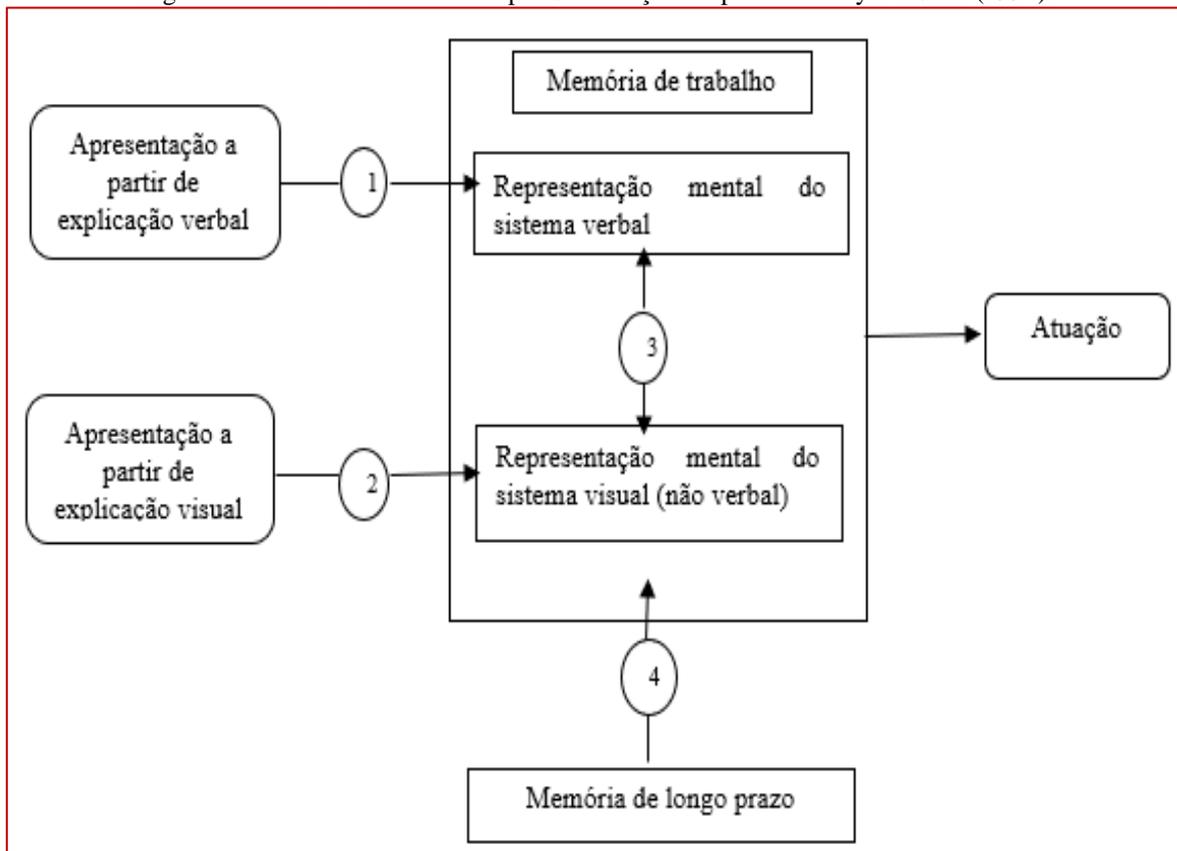
De acordo com Sadoski e Paivio (2001), a Teoria da Dupla Codificação apresenta fatores que estão de acordo com os pressupostos da psicologia, pois nos sistemas de memorização, verbal e não-verbal, as memórias são contínuas e um sistema apresenta efeito sobre o outro, assim o conhecimento adquirido a partir dos sentidos são armazenados nas memórias compostas de registros de qualidades sensoriais, neste sentido ao sentir um aroma, este será identificado como aroma e ao visualizar um objeto, este será recordado como objeto.

No entanto, a informação pode ser processada em ambos os canais, ou seja, utilizando o canal imagético e verbal ao mesmo tempo, são geradas representações mentais que serão armazenadas na memória de longa duração. Logo, as informações codificadas a partir dos dois canais serão naturalmente assimiladas e gerando a compreensão do objetivo do estudo, já as representações mentais armazenadas por meio de somente um canal somente serão guardadas como representações mentais o que poderá dificultar o seu resgate para a memória circulante (Paivio, 1971).

Estudiosos desta teoria, como Meyer e Sims (1994) descrevem que, as informações transmitidas através do canal verbal e absorvidas no canal auditivo são processadas satisfatoriamente, neste sentido os autores realizam uma adaptação da Teoria da Dupla Codificação, onde demonstram como é construída a representação mental em um aluno a partir de uma narração oral e a partir de uma explicação visual, esta apresentada por meio de uma animação.

O diagrama representado na Figura 1, demonstra a representação criada pelos autores de um modelo da Teoria da Dupla Codificação aplicado para a aprendizagem multimídia, onde o número 1 se refere a construção de conexões verbais representacionais, o número 2 se refere a construção de conexões representacionais visuais, o número 3 é referente a construção de referências e o número 4 é referente a recuperação de informações na memória de longo prazo tendo como resultado desse processo a atuação.

Figura 1: Modelo da Teoria da Dupla Codificação adaptado de Meyer e Sims (1994).



Fonte: Autores, 2023.

Do mesmo modo Paivio (1971), retrata que um material apresentado ao aluno partindo do canal imagético e integrado ao canal verbal pode ser bem adaptado na memória de trabalho do aluno colaborando com o processo de aprendizagem. Meyer e Sims (1994), demonstram dentro deste sistema a construção de memórias referenciais e representações mentais elaboradas a partir do canal verbal e não verbal e sua influência no desempenho do aluno, podendo ser observado em sua atuação ao se deparar com uma situação da qual o resgate de memórias estabelecidas pode ser necessário.

Neste sentido, ao assistir uma animação acompanhada de uma narração sucessivamente, em um primeiro momento no qual os estudantes não estejam adaptados a essa metodologia o resgate dos referenciais estabelecidos na memória de trabalho podem ser dificultados, no entanto, aos estudantes com experiência em um ensino possibilitado a partir das imagens, estes podem conseguir construir referenciais mentais a partir de palavras e vinculá-las as imagens, e quando foram solicitadas na memória de trabalho, as palavras ou as imagens, serão resgatadas na memória de longo prazo, proporcionando uma conexão promotora do conhecimento, pois haverá o estabelecimento de ligações do aprendizado com diferentes situações ou momentos da vida, seja escolar ou social.



Logo, na Teoria da Dupla Codificação o processo de aprendizagem pode ser realizado a partir de associações estabelecidas no sistema cognitivo, seja pelo canal verbal ou pelo canal imagético, e ainda com a conciliação de ambos os canais. Paivio (1971), descreveu três níveis de processamento cognitivo, os quais ocorrem ao indivíduo ao receber informações por meio do canal verbal ou o não verbal, que é o processamento representacional, o referencial e o associativo.

Em síntese, o processamento representacional acontece quando é estabelecida uma ativação por uma reprodução verbal ou visual, ou seja, pode ser ativado por uma palavra ou imagem, desta forma, ao ouvir uma palavra a representação verbal será ativada e irá gerar uma imagem, a qual representa o que foi dito, constituindo simultaneamente uma representação na memória de curta duração, que de acordo com Paivio (2014), a partir de estímulos os canais podem ser ativados diretamente estabelecendo uma representação de acordo com o que é visualizado ou ouvido.

Por outro lado, para que ocorra o processamento referencial é necessário a ativação de um canal pelo outro, assim, ao visualizar uma imagem o canal imagético é acionado e estabelece referências a uma determinada palavra que a representa despertando o canal verbal, ou ao se utilizar do canal verbal e reproduzir uma palavra, o sistema não verbal pode ser ativado criando uma referência com determinada imagem, esta relacionada com a palavra que foi escutada.

De acordo com estas considerações, Paivio (2014), afirma que as associações entre imagens, objetos e palavras permite que estes sejam denominados e identificados, estabelecendo referenciais e colaborando para um amplo desenvolvimento de propriedades de linguagem, as quais favorecem o processo educativo, a tecnologia e o pensamento criativo do educando. Logo, o processamento associativo é indicativo de ocorrência de ativações das informações suplementares, estas relacionadas entre as palavras (*logogens*) e imagens (*imagem*), deste modo, as conexões entre o sistema verbal e não verbal são simultaneamente estabelecidas, assim há associação de uma palavra a uma imagem e vice-versa, partindo do processo associativo (Paivio, 2014).

Para utilização da Teoria da Dupla Codificação em uma análise, devemos observar os três níveis do processamento cognitivo e trabalhar com o que mais se adequa ao objetivo do estudo. Partindo da associação dos conceitos as imagens, destacamos o potencial do processamento associativo como possibilitador da recuperação de informações por indivíduos na memória corrente, a partir da memória de longa duração, pois este processamento, se utiliza dos dois canais concomitantemente promovendo e potencializando a capacidade de ligações entre a informação verbal e a informação imagética no processo de aprendizagem.



Diante disso, observamos que a utilização de imagens no ensino da Química colabora com a explicação, exemplificação do professor e a compreensão do conteúdo por parte do estudante. As explicações e exemplificações quando acompanhadas de narração conceitual descritivas, podem possibilitar o processo de resgate de informações na memória de longa duração, pois havendo a existência de referenciais, estes são despertados e recuperados na memória corrente, e as informações podem ser modificadas e enriquecidas e posteriormente voltarem a ser armazenadas na memória de longo prazo para serem recuperadas em algum outro momento da vida, na qual uma palavra é ouvida, vista ou na visualização de uma imagem.

Portanto, considerando o estabelecimento de ligações referenciais com informações mentais, verificamos que a Teoria da Dupla Codificação contribui para análise do como os estudantes aprendem os conceitos da Isomeria Óptica, promovidos por imagens holográficas 3D e aplicadas a partir de recurso didático pedagógico, a pirâmide holográfica, esta como contribuinte e possibilitadora dos conceitos acompanhados de narrativas.

Assim sendo, apresentamos a partir da TDC, o processo de aquisição do conhecimento com o auxílio do aparato tecnológico reproduzidor de imagens 3D acompanhadas de narrativas e evidenciamos, a partir do discurso dos estudantes, as impressões que expressam ao se deparar com uma nova forma de abordagem pedagógica, com utilização de recurso didático para o ensino de um dos conceitos considerados abstratos dentro dos estudos da ciência Química.

4 PERCURSO METODOLÓGICO

A pesquisa realizada é de natureza qualitativa, e para a aplicação e coleta de dados elaboramos uma sequência didática com enfoque CTS, utilizando o recurso didático pedagógico, a pirâmide holográfica, para promover os conceitos da Isomeria Óptica. A abordagem estruturada, foi implementada no Colégio Estadual Marquês de Paranaguá, localizado em Vera Cruz do Oeste, Paraná.

Fizeram parte deste estudo, estudantes do 3º ano do Ensino Médio, sendo 15 do período vespertino e 20 do período noturno, totalizando 35 participantes, com idade entre 16 e 22 anos. Após, autorização da equipe de direção do Colégio e do professor docente da disciplina de Química, foram disponibilizadas duas horas aula para a implementação, esta que ocorreu no retorno dos estudantes ao colégio, os quais estavam até o momento, em ensino remoto devido ao período da pandemia do coronavírus (COVID-19).

O desenvolvimento da sequência didática com enfoque CTS intitulada de “*Isomeria óptica e os medicamentos*” com a utilização da pirâmide holográfica para promover imagens em 3D,



acompanhadas de narrativas dos conceitos realizadas pelo pesquisador, acompanhando a apresentação das estruturas do ácido láctico, da cloroquina e hidroxiclороquina, ocorreu de forma expositiva na primeira hora aula e de forma interativa na segunda hora aula. Assim, foi detalhado que as estruturas apresentadas possuem isômeros ópticos e estão presentes em medicamentos e reações biológicas no organismo humano. Ao final da aula, foi aplicada uma questão aberta para a pesquisa qualitativa possuindo a seguinte descrição: “*Relacione a palavra abaixo com o que vem em sua imaginação: ISOMERIA ÓPTICA.*”

Utilizamos a Análise Textual Discursiva de Moraes e Galiazzi (2011), para a unitarização, categorização e produção do metatexto, devido aos seus processos auto intuitivos, envolvendo a análise das respostas. Para a formação do *corpus*, os fragmentação dos textos produzidos pelos depoentes foram explorados e então obtivemos as unidades de análise, que posteriormente foram categorizadas pelo método dedutivo e estabelecidas as relações com a teoria proposta.

Para a produção do metatexto, foi captado o novo emergente, ou seja, assimilamos as informações resultantes do processo de análise. Após, a combinação das nossas descobertas com os elementos estabelecidos nos passos anteriores, realizamos um processo auto-organizado, o qual envolveu a comunicação dos resultados e apresentou novas compreensões que se manifestaram a partir de todo processo de análise.

Assim, ao fragmentar o *corpus* em unidades de análise, procuramos por unidades de sentido semelhantes que demonstrassem os conceitos da Isomeria Óptica ou, que relatassem parte desses conceitos abordados em aula, seja na escrita ou representados por desenhos, simbolizando as imagens que foram reproduzidas com o aporte da pirâmide holográfica.

Como a categorização foi elaborada *a priori*, pelo método dedutivo, optamos por relacionar a categoria com o nível do desenvolvimento da aprendizagem, seguindo os conceitos da Taxonomia Digital de Bloom (Churches, 2008), a qual foi adequada para essa pesquisa, pois utilizamos somente o nível mais elevado que é “criar”. Esta categoria foi selecionada, pois engloba o desenvolvimento cognitivo e a competência, assim, a partir da aprendizagem o estudante é capaz de aplicá-la e criar saberes.

Com a categorização já estabelecida, adaptamos a descrição da teoria fazendo correlações com o que era esperado em resposta ao enunciado que compôs a investigação. A categorização inicial pode ser observada no Quadro 1:

Quadro 1: Representação da categorização realizada a *priori* com adaptação da Taxonomia Digital de Bloom.

Categoria de ordem superior	Descrição da teoria (Churches, 2008)	Descrição adaptada para esta pesquisa de acordo com as unidades de análise
Criar	Aproximar os elementos para formar algo coerente com a teoria, planejar e produzir para que os elementos sejam reorganizados e de origem a um novo padrão ou uma nova estrutura.	Analisar, a partir da palavra ISOMERIA ÓPTICA a representação verbal dos conceitos ou reprodução de desenhos referentes ao que foi apresentado na sequência didática implementada.

Fonte: Os autores (2023).

A adaptação da categoria tem o intuito de validar a utilização de imagens holográficas e suas contribuições no ensino dos conceitos da Isomeria Óptica, ressaltando a colaboração do recurso didático para a construção do conhecimento do estudante e na apropriação dos conceitos se permanentes na memória de longa duração. No enunciado proposto para a pesquisa, foi analisado o armazenamento de informações sobre a Isomeria Óptica na memória do depoente e se estes atribuiriam estas informações partindo de conceitos descritos de forma verbal ou imagética, ou seja, usariam desenhos das imagens.

Provenientes das nossas análises e do processo de unitarização, surgiram duas categorias emergentes, as quais se apresentaram pelo método intuitivo, pois vieram a partir de *insights* e após uma intensa impregnação nos dados analisados. Portanto, na categoria a *priori* criar, foram alocados somente os estudantes que representaram verbalmente, a partir da escrita, os conceitos ou fragmentos que foram pronunciados durante a apresentação das imagens seguidas das narrativas e apresentaram a reprodução de desenhos remetendo a compreensão dos conceitos e o estabelecimento de ligações, mesmo que errôneas com o que foi proposto na sequência didática, conforme representado no Quadro 1.

Na categoria emergente um, a qual surgiu após a impregnação nas análises das respostas, foram alocados os estudantes que não indicaram apropriação dos conceitos e associaram a palavra “Isomeria Óptica” ao recurso didático, pois citaram as imagens 3D ou hologramas, assim a denominamos essa categoria de “associa ao recurso didático”.

Na categoria emergente dois, a qual também emergiu, após impregnação nas análises iniciais, alocamos os estudantes que emitiram associações que não faziam parte dos conceitos, do recurso didático pedagógico ou do enfoque CTS utilizado na abordagem dos conceitos, esta adotada na sequência didática que lhes foi proposta, essa categoria emergente denominamos de “outras associações”.

Sendo assim, para descrição e interpretação dos dados iniciais, intermediários e finais analisados a partir das atribuições dos depoentes, procuramos preservar a identidade destes e para

isso, estabelecemos a sigla “AV1” ou “AN1”, sendo que o A representa Aluno, o V representa Vespertino, o N representa Noturno e o número que os acompanha representa a ordem de análise das respostas atribuídas ao enunciado de estudo disponibilizado para a realização da pesquisa qualitativa.

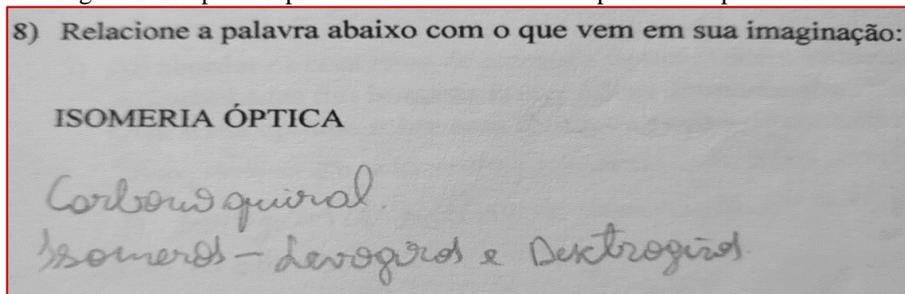
5 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Para contemplar a categoria *a priori* criar, analisamos as respostas atribuídas ao enunciado da pesquisa, no qual era esperado que os estudantes que a contemplassem, citassem conceitos ou reproduzissem imagens dos isômeros ópticos. No enunciado de pesquisa, foi oportunizado aos estudantes a liberdade de criação e uso da imaginação com o intuito de analisar se estes ativariam o sistema verbal, o sistema não verbal, os dois sistemas interconectados ou nenhum dos sistemas.

A partir das nossas análises, observamos que no período vespertino houve predominância do sistema verbal, pois as respostas atribuídas ao questionário foram expressas a partir da escrita, e no período noturno houve a ocorrência de algumas associações realizadas por desenhos de estruturas orgânicas, além da escrita. Desta forma, a nossa primeira consideração atribui que, enquanto no período vespertino há predominância de somente do sistema verbal ou não apresenta nenhum dos sistemas, no período noturno houve a presença do sistema verbal, não verbal e os dois sistemas interconectados.

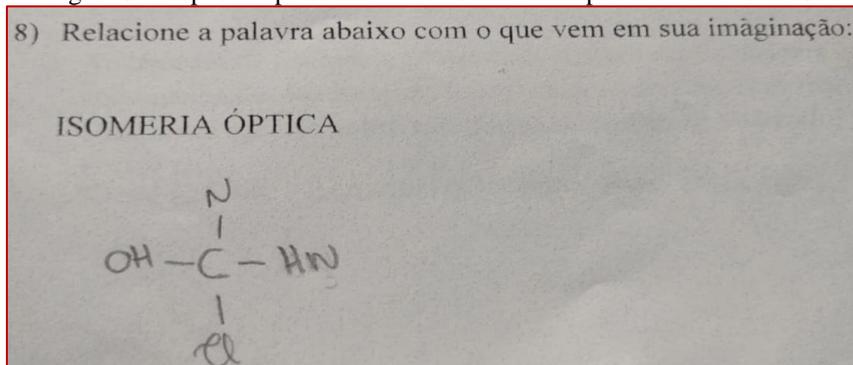
Neste contexto, exemplificamos com o estudante do período vespertino, AV7 e os estudantes do período noturno, AN3, AN7, AN11 e AN17, os quais contemplaram a categoria criar, estabelecida *a priori*, de acordo com a adaptação realizada para esta pesquisa da descrição da Taxonomia Digital de Bloom (Churches, 2010), por citarem parte dos conceitos ou reproduzirem desenhos que induziam aos conceitos proporcionados em aula, conforme podemos observar Figura 2, 3 e 4, representada a seguir:

Figura 2: Resposta representativa do estudante do período vespertino AV7.



Fonte: Os autores (2023).

Figura 3: Resposta representativa do estudante do período noturno AN3.



Fonte: Os autores (2023).

Figura 4: Resposta representativa do estudante do período noturno AN10.

8) Relacione a palavra abaixo com o que vem em sua imaginação:

ISOMERIA ÓPTICA

Os Isômeros possuem a mesma fórmula molecular, mas são diferenciados por sua atividade óptica.

Fonte: Os autores (2023).

A partir desta análise, atribuímos que, os estudantes do período vespertino dentro dos três níveis do processamento estabelecidos por Paivio (1971), contemplam o processamento referencial, pois, de acordo com Sadoski e Paivio (2001), o sistema verbal e o sistema não verbal podem operar separadamente ou conectados reproduzindo respostas verbais ou não verbais.

Observamos que, as conexões estabelecidas pelos estudantes, neste caso, foram expressas somente em forma de palavras, as quais representam somente o sistema verbal, o qual foi ativado por conexões referenciais, emergindo as palavras que representam fragmentos dos conceitos da Isomeria Óptica.

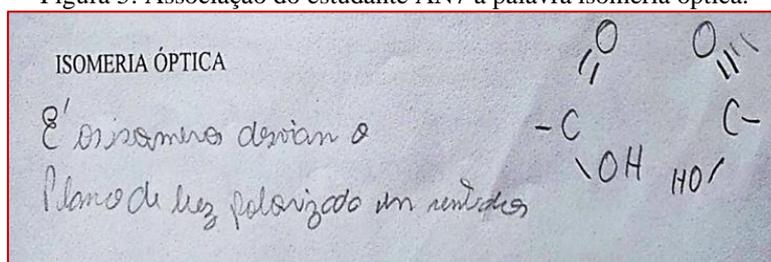
No período noturno, consideramos que, os três níveis do processamento foram contemplados nas respostas dos estudantes, ou seja o processamento representacional, o referencial e o associativo. Destacamos, o processamento associativo, devido as conexões estabelecidas e as estruturas que se formaram dentro do sistema cognitivo. Assim, atribuímos que os estudantes do período noturno, que contemplaram a categoria criar, ao visualizarem a palavra “Isomeria Óptica”, se recordaram dos conceitos e das imagens reproduzidas na pirâmide holográfica utilizadas para representá-los.

A percepção visual é contributiva a cognição humana, pois a visão se destaca como uma forma de transformar o conhecimento em memória, no entanto, as imagens que não estão inseridas

em nosso cotidiano dificulta o processo de interpretação e o desenvolvimento dos demais recursos mentais a serem processados (Frederico e Gianotto, 2016). Podemos inferir, que estes estudantes, as quais contemplaram a categoria criar, conseguiram ativar e resgatar em sua memória de longa duração, eventos isolados ou conjuntos, e transformá-los em associações lógicas, sendo referenciadas a palavra “Isomeria Óptica”, correspondendo com a abordagem utilizada na aula promovida por meio da sequência didática e aparato tecnológico.

Observamos que, o estudante AN7, se destaca dos demais, pois utilizou o sistema representacional e associativo interconectados, para estabelecer a associação. Mesmo, que a ativação do canal imagético tenha se apresentado erroneamente, o estudante descreveu verbalmente um dos conceitos apresentados e a partir da imagem esboçou a representação, o que indica os conhecimentos prévios das funções orgânicas oxigenadas. Podemos observar esta representação na imagem da figura 5.

Figura 5: Associação do estudante AN7 a palavra isomeria óptica.



Fonte: Os autores (2023).

De um modo geral, compreendemos que, os estímulos verbais utilizados no decorrer das aulas, acompanhados dos estímulos não verbais, representado por imagens, ativaram o sistema sensorial, gerando ligações representacionais e formando uma estrutura associativa, na qual o estudante expressou as associações realizadas em forma de resposta verbal e não verbal.

Alocamos ainda na categoria criar, os alunos AV1, AV4, AV5, AV6, AV9, AN4, AN8, AN10 e AN14, a partir da transcrição das respostas dos estudantes concluímos, que estes conseguem resgatar em sua memória a referência verbal de fragmentos citados e abordados no decorrer da aplicação da sequência didática.

- **AV1** – *Um espelho: Levógiros e Dextrógiros.*
- **AV4** – *Levógiros e Dextrógiros.*
- **AV5** – *Isomeria: dois objetos diferentes, mas feitos com os mesmos materiais (elementos), Óptica: uso da luz, capacidade de desviar a luz (levogiro e dextrogiro).*
- **AV6** – *Carbono quiral, isômeros – levogiros e dextrogiros.*



- **AV9** – *Espelho refletindo o que vemos, levogiros e dextrogiros.*
- **AN4** – *Ela é um tipo de isomeria espacial ou estereoisomeria.*
- **AN8** – *Parear, encaixar por ser igual, mas não encaixar por ter uma diferença. Ex: uma mão em frente ao espelho.*
- **AN10** – *Os isômeros possuem a mesma fórmula molecular, mas são diferenciados por sua atividade óptica.*
- **AN14** – *Diferentes feixes de luz que vão para ambos os lados direito e esquerdo.*

Portanto, na categoria a priori *criar*, os estudantes alocados, foram os que estabeleceram alguma conexão com os conceitos abordados na aula, no entanto, devido as citações breves, observamos que estes, se recordam somente das características apresentadas dos Isômeros Ópticos, onde não é possível interpretar se houve apropriação dos conceitos, ou somente o estabelecimento de ligações referenciais com algumas das características que os representa, consideramos que estes estudantes somente dominaram partes do conceito apresentado.

Entendemos que, os estudantes AV1, AV4, AV5, AV6, AV9, AN4, AN8, AN10 e AN14, utilizaram a estrutura referencial pois, conseguiram associar a Isomeria Óptica a alguns fragmentos dos conceitos abordados em aula, no entanto, não os descrevem completamente e não realizam diferenciações e atribuições. Possivelmente, ao utilizar os medicamentos com o enfoque CTS para abordagem dos conceitos, para esses estudantes, a devida relevância não foi atribuída.

Ao pensar a elaboração da sequência didática, deduzimos que, os medicamentos podem ter sido utilizados em algum momento da vida dos estudantes, mas consideramos que com relação as aulas, estes não conseguem resgatar em sua memória aspectos bem constituídos como relacionar os enantiômeros, advindos da explicação utilizando os medicamentos cloroquina e hidroxicloroquina, pois não são comuns aos estudantes, mesmo havendo se destacado durante o período pandêmico. Sendo assim, a citação do “espelho” que foi utilizado como exemplo, atraiu maior atenção e foi memorizada devido ao “espelho” estar presente no cotidiano dos estudantes e fazer parte da sua cultura.

Neste sentido, Paivio (2014) destaca que, para a derivação do conhecimento é utilizada a memória episódica, pois esta auxilia nas lembranças de experiências vivenciadas e as informações que são relevantes ficam armazenadas e podem ser resgatadas quando houver um estímulo, seja auditivo ou visual, no entanto, para esta ocorrência estas memórias devem ser significativas para os indivíduos, os quais já possuindo alguma referência pré-estabelecida podem alterá-las e construir novos significados.



Considerando a memória episódica, observamos que os alunos do terceiro ano não haviam realizado contato com os estudos do estereoisomerismo até o momento da aplicação da pesquisa e assim, verificamos a necessidade de conceitos consolidados que antecedem o conteúdo da Isomeria Óptica para a constituição e atribuição de significados a serem produzidos posteriormente por estudantes.

Conforme observado, respostas variadas foram emitidas ao estabelecer ligações com a palavra “Isomeria Óptica”, e a partir da imersão e alocação estabelecida na análise da categoria *a priori* criar, nos encaminhamos a evidenciá-las partindo de categorias intuitivamente emergentes, pois não contemplavam as descrições que foram estabelecidas em primeiro momento, no entanto, após a imersão nas unidades de análise, as atribuições realizadas intermediaram nossas investigações, possibilitando novas descobertas.

Assim, foi evidenciada a categoria emergente um, a qual denominamos de “associa ao recurso didático”, e nela alocamos os estudantes que associaram a palavra “Isomeria Óptica” somente ao recurso didático que foi utilizado para exposição das estruturas, as quais foram acompanhadas de narração dos conceitos realizada pelo professor.

Após, a aplicação da sequência didática e a apresentação do conteúdo com o auxílio do recurso didático pedagógico a pirâmide holográfica, os estudantes realizaram as atribuições a palavra Isomeria Óptica com as imagens 3D, os hologramas e a visualização, ou seja, as associações estabelecidas fizeram referência ao recurso didático. Portanto, com o intuito de analisar e interpretar essas associações estabelecidas ao recurso didático, alocamos os estudantes AV3, AV8, AV10, AN2, AN13 e AN15, na categoria emergente um, conforme podemos observar nas respostas transcritas e representativas abaixo:

- **AV3** – *Na minha imaginação seria algo visual como um olograma.*
- **AV8** – *Uma forma de visualizar fórmulas e facilitar o entendimento.*
- **AV10** – *Algum objeto, pessoa, ou algo existente sendo transmitido em 3D.*
- **AN2** – *Imagem, visualizar a isomeria de vários ângulos.*
- **AN13** – *Projeção através de desenhos e espelhamento.*
- **AN15** – *O conceito e os desenhos.*

Com base na análise, esclarecemos que os estudantes que contemplaram esta categoria emergente, foram aqueles que consideraram as conexões entre a “Isomeria Óptica” com as imagens reproduzidas a partir do aparato tecnológico. Apontamos, com base nos estudos teóricos de Paivio (2014) que, o sistema verbal desses alunos foi ativado por conexões associativas, os



conduzindo a referenciar a palavra com o recurso didático pedagógico que proporcionou a visualização dos conceitos, pois devido a utilização da tecnologia foi despertado o modo estético e simbólico nas funções cerebrais dos estudantes.

Além disto, Paivio (2014) descreve que no processamento associativo a associação entre imagens, objetos e palavras é o que permite a atribuição de um nome a eles, e dessa forma, um processo referencial é formado, podendo contribuir para um amplo desenvolvimento de propriedades sobre a linguagem, a educação, a tecnologia e o pensamento criativo. De fato, verificamos que a atração pela tecnologia utilizada, captou a atenção dos alunos que contemplaram a categoria emergente um e evidenciamos que as conexões entre o sistema verbal e o sistema visual foram ativadas, no entanto, a capacidade de transferência verbal desses alunos voltaram-se para as imagens holográficas, o recurso didático e a projeção utilizada nas aulas.

Contudo, houve alunos que ao realizarem suas associações as atribuíram a fatores externos ao que esperávamos, ou seja, esses estudantes não realizaram associações com o enfoque CTS utilizado na abordagem por meio de medicamentos, não associaram aos conceitos promovidos sobre a Isomeria Óptica ou ao recurso didático pedagógico utilizado na aplicação da sequência didática. Assim, esses estudantes foram alocados na categoria emergente dois, a qual denominamos de “outras associações”, sendo eles AV2, AV7, AN3, AN5, AN6, AN9 e AN16, seguimos nesse encaminhamento devido as respostas representativas obtidas e que podem ser observadas abaixo:

- **AV2 e AV7** – *Algo relacionado com a visão.*
- **AN3** – *Desenho.*
- **AN5** – *Vem um desenho na minha mente.*
- **AN6** – *Algo relacionado a luz.*
- **AN9** – *Imagem.*
- **AN16** – *Vários pontos de visão de algum objeto.*

Podemos inferir que, os alunos que contemplaram a categoria emergente dois foram os que não estabeleceram conexões com os conceitos abordados no decorrer das aulas e, portanto, não conseguem descrevê-los ou associá-los a palavra “Isomeria Óptica” ao visualizá-la. Do ponto de vista da Teoria da Dupla Codificação (Paivio, 2014), consideramos que para esses alunos não houve uma conexão representacional com as novas informações que foram promovidas a partir das aulas e assim, eles não conseguiram emitir uma representação verbal ou não verbal em resposta ao questionário.



Mediante ao exposto, salientamos que para estes estudantes não houve o estabelecimento de conexões dos conceitos abordados a partir da tecnologia com a palavra “Isomeria Óptica”, a qual foi disponibilizada no enunciado de pesquisa. Para que a associação ocorresse de forma assertiva seria solicitada uma experiência prévia dos alunos, em um ensino escolar promovido a partir de aparatos tecnológicos e com a facilitação por imagens, desta forma, eles poderiam gerar conexões e representações assertivas e estariam preparados para a interpretação e a construção de significados.

Analisamos, que as atribuições realizadas por esses estudantes, remetem a conexões referenciais existentes em seu cotidiano como os desenhos animados e a luz que são fatores já constituídos em sua memória desde a infância e que foram resgatados durante a abordagem em aula, porém não houve alteração das informações já consolidadas na memória de longo prazo.

Neste sentido, destacamos de acordo com Clark e Paivio (1991) que, a ativação do sistema verbal e não verbal e a elaboração de representações e conexões pode variar de acordo com cada indivíduo, dependendo dos acessos possibilitados em sua memória de longo prazo com experiências já estabelecidas anteriormente. Portanto, definimos que a quantidade de estímulos necessários durante a aula para que registros mentais pré-estabelecidos sejam ativados, poderia ter uma carga maior de relações com o cotidiano, possibilitando uma integração entre os conceitos promovidos e referenciais já existentes.

Ainda, Clark e Paivio (1991) destacam que a não ocorrência de referenciais concretos dificulta o estabelecimento de conexões entre uma palavra e uma imagem, podendo estas tornarem-se abstratas na representação a ser gerada pela memória por parte do estudante. Contudo, a possibilitação de imagens acompanhadas de narrativas dos conceitos pode colaborar para a ativação do sistema verbal a partir da ativação visual e gerar representações significativas aos estudantes, pois estes, foram inseridos em uma nova metodologia que posteriormente contribuirá com as recordações quando ativado o sistema verbal ou não verbal.

Por fim, ressaltamos a importância do sistema não verbal na construção do conhecimento educacional, pois imagens concretas, as quais representam os conceitos auxiliam na compreensão e na retenção destes, possibilitando ao estudante a associação do conteúdo com imagens mentais. Portanto, para conceitos que possuem abstração e necessitam de referenciais imagéticos para compreensão, reconhecemos o potencial das imagens 3D, promovidas por pirâmide holográfica para o ensino da Isomeria Óptica, aplicada em uma sequência didática com enfoque CTS.



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscamos neste artigo, analisar a colaboração das imagens holográficas 3D como contribuintes para o ensino da Isomeria Óptica em uma abordagem com enfoque CTS e a sua colaboração na construção de memórias concretas. Assim, ao analisarmos as associações emitidas pelos estudantes quando disponibilizado em questionário de pesquisa a palavra “Isomeria Óptica”, constatamos que nem todos contemplaram a categoria *a priori* criar, isto com base no que esperávamos ao aplicar a pesquisa.

No entanto, os estudantes que a contemplaram, foram aqueles dos quais consideramos haverem utilizado os três níveis do processamento estabelecidos por Paivio (1971), que são o processamento referencial, o representacional e o associativo. Observamos que, o sistema verbal foi o que predominou entre uma maioria dos estudantes, os quais também poderiam expressar as respostas a partir de imagens e demonstrarem conhecimento a partir do sistema não verbal. Concluimos que, as imagens holográficas em 3D contribuíram para o processo de construção de memórias concretas, no entanto, o ensino a partir de imagens deve ser aprimorado ao longo da trajetória acadêmica dos estudantes, podendo alcançar entre eles, maiores significações.

O método de ensino a partir de uma sequência didática, com enfoque CTS e utilização do recurso didático pedagógico pirâmide holográfica para apresentação dos conceitos por meio de imagens 3D, contribuiu com o armazenamento de informações na memória de longo prazo, onde estas podem ser resgatados na presença de algum estímulo, seja pelo sistema verbal ou não verbal, conforme demonstrado na categoria *a priori* criar.

Contudo, alguns estudantes necessitam de maior experiência no ensino promovido por aparatos tecnológicos, apontamos essa conclusão devido as respostas atribuídas ao questionário que foram alocadas na categoria emergente um, denominada de “associa ao recurso didático”. Advertimos que, se há a escassez da tecnologia em sala de aula, quando o professor realiza uma intervenção com recursos didáticos tecnológicos, esta se destaca.

O estudante quando não está adaptado a utilizar a tecnologia para a aprendizagem, tem a sua compreensão voltada ao entendimento do recurso didático e busca entender como funciona o processo tecnológico, interferindo na compreensão sobre os conceitos promovidos em sala de aula. À vista disso, destacamos a importância do ensino promovido a partir de aparatos tecnológicos e sua contribuição a aprendizagem, pois ao habituar-se com a tecnologia aplicada ao ensino, o estudante voltará a atenção para o conhecimento a ser adquirido e não somente para o recurso didático em si.



Evidenciamos que, o caminho que leva os estudantes a construção do conhecimento deve ser bem consolidado com referenciais concretos, dos quais estes possam resgatar em sua memória e realizarem a atribuição de novos significados que possibilitem a aprendizagem. De acordo com a Teoria da Dupla Codificação, experiências pré-estabelecidas podem auxiliar o professor na elaboração da aula e na arquitetura dos estímulos utilizados nesta, favorecendo uma integração entre os conceitos promovidos e referenciais já existentes (Frederico, 2016). Para isso, o contato prévio com os conteúdos da estereoisomeria se faz necessário, favorecendo a compreensão dos conceitos da Isomeria Óptica.

Em virtude dos fatos mencionados, ao analisar e estudar a construção de conhecimentos a partir das imagens, ressaltamos a potencialidade da Teoria da Dupla Codificação para análise dos dados, quando aplicado o uso de imagens para o ensino, principalmente, contemplando conteúdos abstratos que representam os níveis microscópicos e simbólicos existentes no ensino da ciência Química, contemplando também a Isomeria Óptica. E concluimos que, a utilização de recursos didáticos pedagógicos ofertados por aparatos tecnológicos, como a pirâmide holográfica, são essenciais no ambiente escolar, motivando e permitindo a consolidação da aprendizagem.



REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. P. Pirâmide "holográfica": uma introdução ao estudo da óptica no ensino fundamental. 2018. 169 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física em Rede Nacional) - Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

CLARK, J. M.; PAIVIO A. Dual Coding Theory and Education. *Educational Psycholog Review*, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 149-210, set. 1991.

CHURCHES, A. Bloom`s Digital Taxonomy. [2008]. Disponível em: <http://burtonslifelearning.pbworks.com/w/file/etch/26327358/BloomDigitalTaxonomy2001.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2024.

GIORDAN, M. Computadores e linguagens nas aulas de ciências. 1 ed., Injuí. Ed. Unijuí. 2008. 328 p.

FERREIRA, C., ARROIO, A. REZENDE, D. B. Uso de modelagem molecular no estudo dos conceitos de nucleofilicidade e basicidade. *Rev. Química Nova*, São Paulo, v. 34, n. 9, p. 1661-1665, set. 2011.

FREDERICO, F. T. Contribuições das imagens para o ensino de física numa perspectiva da Teoria da Dupla Codificação: desafios, possibilidades e discussões. 2016. 184 p. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.

FREDERICO, F. T.; GIANOTTO, D. E. P. Imagens e o ensino de física: implicações da Teoria da Dupla Codificação. *Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.*, Belo Horizonte, v.18, n. 3, p. 117-140, dez. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21172016180306>. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1983-21172016000300117&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 14 fev. 2024.

LEAL, G. M. *et al.* TIC e Educação em Química: análise das publicações nos anais do Encontro Nacional de Ensino de Química entre 2008 a 2018. *Rev. Kiri-kerê: Pesquisa em Ensino, Espírito Santo*, v. 1, n. 10, p. 182-200, jun. 2021.

LEITE, B. S. Tecnologias no ensino de química: passado, presente e futuro. *Scientia Naturalis*, Rio Branco, v. 1, n. 3, p. 326-340, mai. 2019.

LEITE, B. S. A aprendizagem tecnológica ativa em publicações no ensino das Ciências e Matemática: uma visão geral da incorporação das metodologias ativas às tecnologias digitais. *Revista de Investigação Tecnológica em Educação em Ciências e Matemática*, Foz do Iguaçu, n. 1, v. 1, p. 54-79, fev. 2021.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. do C. *Análise Textual Discursiva*. 2. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2011. 264 p.

MEYER, R. E.; SIMS, V. K. For Whom Is a Picture Worth a Thousand Words? Extensions of a Dual-Coding Theory of Multimedia Learning. *Journal of Educational Psychology*, [s. l.], v. 86, n. 3, p. 389-401, set. 1994.



PAIVIO, A. Imagery and Verbal Processes. 1 ed. New York: Psychology Press, 1971. 608 p.

_____, A. Minds and Evolution: a Dual Coding Theoretical Approach. 2 ed. Psychology Press: New York, 2014. 536 p.

PAULETTI, F.; ROSA, M. P. A.; CATELLI, F. A importância da utilização de estratégias de ensino envolvendo os três níveis de representação da Química. Rev. Bras. de Ensino e C&T, v. 7, n. 3, p.121-134, set./dez. 2014.

RAUPP, D. T.; DEL PINO, J. C. O desafio do ensino de estereoquímica no Ensino Médio e o papel da visualização. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013. Águas de Lindóia. Anais [...]. São Paulo, ABRAPEC, 2013.

REZENDE, G. A. A. AMAURO, N. Q., RODRIGUES FILHO, G. Desenhando Isômeros Ópticos. Rev. Química Nova, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 133-140, mai. 2016.

SADOSKI, M.; PAIVIO, A. Imagery and text: A dual coding theory of reading and writing. 2 ed. Lawrence Erlbaum: New Jersey, 2001. 165 p.

SCHIVIANI, M.; SOUZA, G. F.; PEREIRA, E. Pirâmide “holográfica”: erros conceituais e potencial didático. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v.40, n. 2, p. e506-1-e506-10, jan. 2018.

SOUZA, J. I. R.; LEITE, Q. S. S.; LEITE, B. S. Avaliação das dificuldades dos ingressos no curso de licenciatura em química no Sertão Pernambucano. Rev. Docência Ens. Sup., Belo horizonte, v. 5, n. 1, p. 135-159, abr. 2015.