

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

THAIRINE RIBEIRO CALADO

**AS CONTRIBUIÇÕES DO USO DA REALIDADE AUMENTADA SEGUNDO A
SEMIÓTICA DE PEIRCE E OS NÍVEIS DO CONHECIMENTO QUÍMICO EM
UMA AULA DE GEOMETRIA MOLECULAR**

OURO PRETO

2019

THAIRINE RIBEIRO CALADO

**AS CONTRIBUIÇÕES DO USO DA REALIDADE AUMENTADA SEGUNDO A
SEMIÓTICA DE PEIRCE E OS NÍVEIS DO CONHECIMENTO QUÍMICO EM
UMA AULA DE GEOMETRIA MOLECULAR**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para obtenção de grau de Licenciado em Química, do Curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Ouro Preto.

Orientador: Prof.º Dr. Gilmar Pereira de Souza

OURO PRETO

2019

Dedico esta conquista aos meus pais por sempre acreditarem em mim principalmente quando eu mesma não acreditava, por todo esforço para que eu chegasse até aqui e pelo amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por ter me dado forças para chegar até aqui e por nunca ter me desamparado nos momentos que fraquejei.

Aos meus pais, Rosaly e Wander, por todo amor, cuidado e incentivo para que eu nunca abandonasse meus sonhos e por todo amparo nos momentos que precisei. Tudo o que conquistei até aqui e que ainda conquistarei na vida é de vocês, para vocês e por vocês.

A minha avó Eunice por ser sempre meu porto seguro e por me mostrar o que é ser uma pessoa de bem a cada dia, por cada oração e velas acendidas ao meu anjo da guarda.

Ao meu irmão Hudson pelos socorros e caronas para Ouro Preto, meu sobrinho Gabriel por ser meu melhor amigo, meus primos e tios por nunca me deixarem esquecer o valor da nossa família e o que é ter um lar a cada volta para casa.

A todos os meus amigos, em especial Amanda, Bárbara, Gabriel (*in memoriam*), Jade, Ramon, Rato e Thaís pelos conselhos, conversas, noites de estudos, companheirismo e por sempre me incentivarem a não desistir. Vocês foram fundamentais nessa conquista.

A todas as Eclipsianas por aguentarem minhas insônias, meu mal humor e principalmente pelo colo de cada dia. Vocês são minha segunda família!

Ao meu orientador, Gilmar Pereira de Souza, por não me deixar desistir. Pela dedicação e horas de orientação e principalmente por ter acreditado no meu potencial.

A professora da disciplina Estágio Supervisionado IV, Paula Mendonça, por toda a compreensão ao longo desses anos, por toda dedicação, incentivo e orientação.

A Professora Cristina Maia por aceitar ser avaliadora dessa pesquisa e assim contribuir com a minha formação.

A professora Clarissa Rodrigues que me fez apaixonar pela química por causa das suas aulas ainda no ensino médio, por todos os conselhos, pelo cuidado, amparo e por sempre acreditar em mim.

Ao PIBID-Química por me mostrar o que é ser professor, o que é viver a docência e por me mostrar que esse é o meu lugar.

A todos que de alguma forma contribuíram para minha formação o meu muito obrigado. Essa conquista é de vocês!

*“Só se pode alcançar um grande êxito
quando nos mantemos fiéis a nós mesmos”.*

Friedrich Nietzsche

RESUMO

Essa pesquisa traz uma investigação sobre uma proposta de ensino do conceito de Geometria Molecular aplicada em duas aulas de 50 minutos, numa turma do 2º período do curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Ouro Preto. A partir das dificuldades de aprendizado desse tema encontradas na literatura propusemos atividades com o uso de um aplicativo de Realidade Aumentada (RA) que possibilitava a visualização tridimensional de estruturas moleculares. Procuramos responder as seguintes questões de pesquisa: (i) Quais as contribuições do uso de RA para que o aluno estabeleça relações de significação, objetificação e interpretação, segundo a Semiótica de Peirce, em uma aula de geometria molecular? e ii) Como o uso do aplicativo de RA nos revela a compreensão do aluno sobre os níveis do conhecimento químico? Os dados da pesquisa foram coletados por meio de um questionário e as respostas obtidas foram categorizadas segundo a *primeiridade, secundidade e terceiridade* definidas pela Semiótica de Peirce relacionada aos níveis do conhecimento químico de Johnstone (Macroscópico, Submicroscópico e Simbólico). A Semiótica, ciência que estuda as representações por meio dos signos, possibilitou analisar os dados que mostraram que no aprendizado de Geometria Molecular distintas representações e suas interpretações são importantes para melhorar o entendimento e visualização de fenômenos pelos alunos. Os resultados mostraram que os alunos estão oscilando entre a secundidade (relacionam objetos e signos) e a terceiridade (interpretam, analisam e generalizam). Concluímos que o aplicativo de RA contribuiu para a visualização e criação de representações pelos alunos, bem como, para que eles pudessem explicitar as suas dúvidas e dialogar entre si e com o professor distanciando-se do modelo tradicional de ensino do tema Geometria Molecular.

Palavras-chave: ensino de Química, geometria molecular; realidade aumentada; Semiótica.

ABSTRACT

This research brings an investigation about a teaching proposal of the concept of Molecular Geometry applied in two classes of 50 minutes, in a class of the 2nd period of Chemistry Degree course of the Federal University of Ouro Preto. From the learning difficulties of this topic found in the literature we proposed activities with the use of an Augmented Reality (RA) application that enabled the three-dimensional visualization of molecular structures. We seek to answer the following research questions: (i) What are the contributions of the use of RA in order for the student to establish relationships of meaning, objectification and interpretation, according to Peirce's Semiotics, in a molecular geometry class? and ii) How does using the RA application reveal the student's understanding of the levels of chemical knowledge? The data of the research were collected through a questionnaire and the answers obtained were categorized according to the firstity, second, and thirds defined by the Peirce Semiotics related to the levels of Johnstone's chemical knowledge (Macroscopic, Submicroscopic and Symbolic). Semiotics, a science that studies representations through signs, has made it possible to analyze the data that showed that in the learning of Molecular Geometry different representations and their interpretations are important to improve students' understanding and visualization of phenomena. The results showed that students are oscillating between the secondary (relate objects and signs) and thirdness (interpret, analyze and generalize). We concluded that the RA application contributed to the visualization and creation of representations by the students, as well as, so that they could clarify their doubts and dialogue with each other and with the teacher distancing themselves from the traditional teaching model of the Molecular Geometry theme.

Keywords: teaching of chemistry, molecular geometry; augmented reality; Semiotics.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
1.1. A DIFERENÇA ENTRE REALIDADE AUMENTADA E REALIDADE VIRTUAL E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARO O ENSINO	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1. A SEMIÓTICA NO ENSINO DE QUÍMICA	10
3. METODOLOGIA	14
3.1. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA E COLETA DE DADOS	14
3.2. SUJEITOS DA PESQUISA	16
3.3. ANÁLISE DOS DADOS	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
6. REFERÊNCIAS	35
7. APÊNDICE I	36

1. INTRODUÇÃO

As tecnologias de informação e comunicação (TIC) estão cada vez mais presentes no nosso dia a dia para facilitar nossa vida em várias áreas. Dentre essas áreas, está inserida a educação, uma vez que as TIC podem contribuir com a contextualização na sala de aula com alunos que cada vez mais possuem acesso aos avanços tecnológicos (WARTHA, et. al. 2013). Vemos em sala de aula que cada dia mais professores utilizam dessas ferramentas para "tornar suas aulas mais atrativas, didáticas e para facilitar o processo de aprendizagem do aluno, seja através de vídeos, blogs e outros recursos.

Depois de pesquisar na literatura, apesar de pouco se encontrar a respeito da Realidade Aumentada (RA) atrelada ao ensino, é considerada uma forte ferramenta para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem do aluno. Alguns dos motivos que destacam essa importância são:

- Experiência em 1ª pessoa vivenciada pelos alunos;
- Pelo fato de requerer interação, exige que cada aluno se torne ativo dentro de um processo de visualização;
- Possibilidade de visualizar detalhes de objetos que compõem o cenário ou que estão à grandes distâncias;
- Possibilidade de realizar experimentos virtuais, na ausência de recursos ou com finalidades educacionais virtuais interativas;
- Oportuniza ao estudante a correção de experimentos de forma atemporal, fora do contexto de uma aula clássica;
- Igualdade de comunicação para estudantes de culturas diferentes, a partir de representações;
- Pode auxiliar na contextualização no desenvolvimento de atividades em que o aluno é protagonista;
- Favorece a visualização tridimensional de fenômenos de sistemas submicroscópicos;
- Trabalha as habilidades computacionais e de domínio de softwares, mesmo não sendo estes os objetivos a serem alcançados (FRANÇA e SILVA)

Segundo Araújo e Boaventura (2015), uma vez que as concepções alternativas giram em torno do problema de visualização – passagem do nível macroscópico para o submicroscópico – a realidade aumentada poderá ser usada para se obter uma melhor didática a respeito do tema.

1.1. A diferença entre Realidade Aumentada e Realidade Virtual e suas contribuições para o Ensino

Atualmente com o avanço e acessibilidade às tecnologias, a utilização de Realidade virtual (R.V.) e Realidade Aumentada (R.A.), está cada vez mais presente no nosso cotidiano e cada vez mais utilizada como ferramenta de ensino na educação, uma vez que pode auxiliar no processo de visualização de níveis macroscópico e submicroscópico além de poder contribuir com a contextualização em sala de aula.

Segundo Rodriguês e Porto (2013), a Realidade Virtual (R.V.), de forma geral, faz referência a uma imersiva e interativa experiência que se baseia em imagens gráficas 3D geradas por computador em tempo real, em outras palavras, é uma simulação de um mundo real, ou apenas imaginário gerada por computador. As pessoas associam RV com a personificação de seres e objetos inexistentes, quando na verdade é a potencialização da realidade - sempre um passo à frente do atual - que permite interação, imersão e envolvimento em primeira pessoa por parte dos alunos.

A RA parte do mesmo princípio da RV. Com a R.A. conseguimos ampliar a nossa percepção do mundo real associada a ferramentas computacionais. Serve, por exemplo, para visualizarmos coisas abstratas, microscópicas, dificilmente perceptíveis a olho nu, sem o auxílio de aparelhos, de forma mais natural.

Realidade virtual e realidade aumentada podem ser utilizadas juntas - uma complementando a outra - como estratégia de ensino, mas também podem ser utilizadas separadamente. Basicamente partem do mesmo princípio e se diferem na parte em que uma utiliza de aparelhos que possibilitam a realidade virtual ser imersiva e a realidade aumentada ser não imersiva – sem aparelhos.

Por ser de mais fácil acesso e baixo custo (o próprio celular dos alunos por exemplo), com maior facilidade de ser inserida em sala de aula, a RA foi o alvo dessa pesquisa.

Diante dos problemas colocados desde o século XX quanto a dificuldade de ensino-aprendizagem da Química, destaca-se a visualização dos fenômenos, uma vez que se trata de uma disciplina visual e abstrata. A visualização é tida como central no processo de aprendizagem das ciências naturais, relacionando uma visualização interna através de

uma visualização externa, onde, através de uma imagem por exemplo, o indivíduo necessita criar uma certa sequência mental para poder processar os elementos visuais.

A partir das dificuldades relatadas sobre visualização muitas ferramentas foram pesquisadas e desenvolvidas para que o entendimento do nível submicroscópico estivesse mais acessível. Diante do acesso mais fácil as tecnologias nos dias de hoje, cada vez mais *softwares* foram surgindo para auxiliar na visualização de fenômenos tridimensionais e a efetuar certas operações mentais como rotação das moléculas e transição do 2D para o 3D.

Diante das dificuldades de visualização no processo da construção do conhecimento científico no ensino de química, esse Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) traz as seguintes questões de pesquisa: (i) quais as contribuições do uso de RA para que o aluno estabeleça relações de significação, objetificação e interpretação segundo a Semiótica de Peirce em uma aula de geometria molecular; (ii) como o uso do aplicativo de RA nos revela a compreensão do aluno sobre os níveis do conhecimento químico. A partir de todas as dificuldades encontradas na literatura para o aprendizado da Geometria Molecular, por meio do aplicativo temos a intenção de verificar as dificuldades dos alunos quanto ao aprendizado do conceito de Geometria Molecular e propor uma ferramenta didática através da realidade aumentada que possa facilitar o processo de ensino-aprendizagem do aluno assim como avaliar o uso dessa ferramenta em duas aulas de 50 minutos sobre Geometria Molecular.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A Semiótica no Ensino de Química

Semiótica é a ciência que estuda as interpretações do ser humano sobre fenômenos que ocorrem no seu dia a dia. Essas interpretações acontecem por meio dos signos em todas as suas formas. Os signos se resumem a tudo que tem algum significado para o ser humano, podendo ser um objeto real, uma representação, um modelo – mental ou não mental – um símbolo, ou seja, qualquer coisa que expresse sentido para alguém (GRESCVYSCZYN, 2017) Por se tratar de uma ciência com elevado grau de abstração, a Química necessita de diferentes representações semióticas para melhor compreensão da ampla variedade de fenômenos existentes estudados em sala de aula no processo de construção do conhecimento científico. Por isso, para o desenvolvimento dessa pesquisa, foi adotada a Semiótica de Charles S. Peirce (1839-1914). Segundo a literatura Peirce desenvolveu sua teoria que trata fenômenos de representação e significação por meio dos signos e caracterizava “a semiótica como a Teoria Geral das Representações” (Wartha e Rezende, 2011, p.277) Como a Geometria Molecular é estudada por meio de visualizações e representações, essa é uma teoria válida para a análise dessa pesquisa.

Segundo Johnstone (1993) o aprendizado da Química implica na compreensão de três aspectos fundamentais: a observação dos fenômenos naturais (universo macroscópico), a representação destes em linguagem científica (universo simbólico) e o real entendimento do universo das partículas como átomos, íons e moléculas (universo microscópico) (Johnstone, 1993 apud Wartha e Rezende, 2011) também conhecido como o triângulo de Johnstone (Figura 1). O primeiro desses níveis (macroscópico) se refere ao que podemos observar na química, o que é perceptível. O segundo (submicroscópico) é a representação do que é observado no nível macroscópico no nível das partículas por meio de modelos. O terceiro nível (simbólico) são os símbolos e as equações utilizadas a fim de representar substâncias, reações e transformações. Segundo Wartha e Rezende, 2011 Johnstone coloca que um dos maiores problemas nas aulas de química é que os fenômenos são estudados baseados somente em um desses vértices do triângulo, o nível macroscópico, uma vez que qualquer fenômeno químico pode ser explorado nos três níveis citados e que espera-se que o aluno transite entre esses níveis.

Já o triângulo semiótico elaborado por Peirce – tríade de Peirce- (Figura 2) parte do mesmo princípio: um ciclo onde esses alunos devem transitar e que explique o processo de significação de fenômenos. Essa tríade se baseia nos seguintes pontos: Aquilo que provoca o signo é o objeto dinâmico ou imediato, onde o signo tem alguma

correspondência com esse objeto. Dessa relação entre signo e objeto, cria-se o interpretante. A relação triádica se dá entre signo, objeto e interpretante.

A partir desses níveis do conhecimento químico, e levando em consideração apenas dois tipos representacionais – representações internas ou mentais e representações externas ou semióticas – Wartha e Rezende (2011) relacionam o triângulo de Johnstone com a tríade da Semiótica Peirceana onde é o signo que desencadeia a representação, uma vez que ele é percebido como sendo, algo que, sob certo aspecto ou de algum modo, representa alguma coisa para alguém.

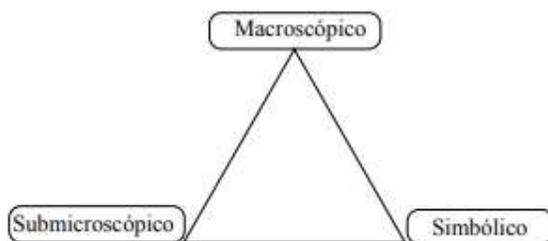


Figura 1: Os três componentes básicos da “nova Química” de Johnstone. Fonte: Wartha e Rezende, 2011

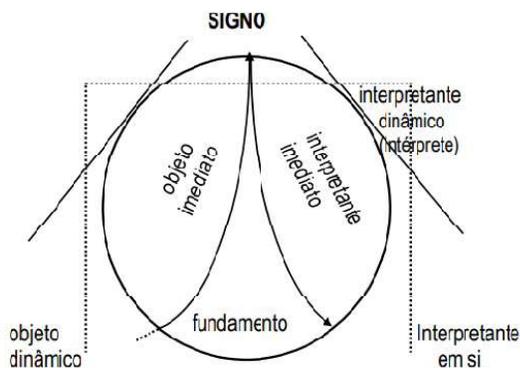


Figura 2: Representação da Semiose ou da ação do signo. Fonte: Santaella, 1983.

A Semiótica é entendida como a ciência que estuda as formas de linguagem através das representações, ou seja, trata dos fenômenos de produção de significação e sentido utilizando signos para representar os objetos (GRESCVYSCZYN, 2017), sendo a linguagem diferente de língua, representando as várias formas de signos. Por signo entende-se como algo que representa um objeto ou que está no lugar de um objeto, ou seja, pode ser real ou simplesmente uma representação através de um modelo. Da relação

estabelecida pelo interpretante entre fenômeno e representação cria-se outros signos. A criação desses outros signos é o que chamamos de semiose. A semiose é resultante de uma série de interpretantes sucessivos criados ao longo do processo de significação sendo essas necessárias para que o aluno construa significado relacionado ao fenômeno em questão. De acordo com a Semiótica Peirceana, ao representar um objeto, o signo produz na mente do interpretante algo que pode ser um novo signo ou um quase signo. O interpretante é criado quando o aluno traz significado ao signo. É o efeito causado na mente de quem interpreta (Wartha e Rezende, 2011, p.284). Quase signo é quando se relaciona com o objeto não de maneira direta, mas através da mediação do signo anterior (GRESCVYSZYN, 2017). Das semioses pode se obter dois tipos de signos: signo degenerado e signo genuíno. O signo degenerado, ocorre quando o sujeito somente mentaliza a representação sem relacionar com o fenômeno e sem interpretar, ele representa o que foi memorizado sem significado, interrompendo assim as sucessivas semioses que aconteceriam e não permitindo a formação de um interpretante. O signo genuíno acontece quando ocorre a formação de um interpretante que relaciona e cria outros signos para a interpretação do fenômeno. O signo genuíno acontece quando o aluno consegue alcançar a terceiridade.

3. Peirce divide a semiótica em três categorias que podem ser alcançadas pelos alunos: primeiridade ou significação, secundidade ou objetificação e terceiridade ou interpretação. Na primeiridade o signo aparece como uma representação sem relação com o objeto. Em um contexto de aprendizagem em Química a primeiridade acontece, por exemplo, com símbolos (gráficos e traços, por exemplo), mas o aluno não os relaciona a nada, não há interpretação. Quando o aluno consegue relacionar o objeto com o signo e dessa relação se cria outros signos (semiose), dizemos que há formação de um interpretante e o aluno alcança a secundidade. É quando o aluno olha para um gráfico e o relaciona a algum conceito, começa a trazer significado, como o gráfico de mudança de fase de uma substância pura quando o aluno relaciona os momentos em que a temperatura permanece constante e com isso identifica do que se trata esse gráfico. Na terceiridade o aluno apresenta um crescimento quanto as outras categorias (generalidade e continuidade). Acontece quando, além de interpretar e relacionar os signos, o aluno consegue criar explicações, generalizações e análises sobre o fenômeno em questão. É “a lei que regula a relação” (Wartha e Rezende, 2011, p.282), como explicar o porquê a temperatura permanece constante durante as mudanças de

fase de uma substancia pura. É na terceiridade que nos deparamos com o signo genuíno. Segundo a Semiótica de Peirce, o processo de significação que ocorre na construção do conhecimento científico ocorre por essas categorias.

METODOLOGIA

Esse Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, pois está focado na maneira como os indivíduos (licenciandos em Química) interpretam os fenômenos e por se tratar de um “número amostral bastante reduzido e um grupo de pessoas que apresentam uma similaridade de características” (SILVA, 2011, p.3) sendo, nesse caso, o processo mais importante do que o produto.

3.1.Desenvolvimento da Pesquisa e Coleta de Dados

A coleta de dados para a construção desse trabalho foi realizada por meio de um questionário (APÊNDICE I), diário de campo e videografia. Esse questionário foi aplicado em uma turma de Química Geral II, em duas aulas de cinquenta minutos, do 2º período de licenciatura em Química. As aulas foram ministradas pelo próprio professor da disciplina, que também é o orientador desta pesquisa. Cabe ressaltar que antes da aplicação da pesquisa, os alunos tiveram duas aulas de cinquenta minutos em que foram discutidos conceitos introdutórios sobre Geometria Molecular. Apesar da aplicação ter sido feita pelo professor da disciplina, a pesquisadora se posicionou como participante no ambiente de coleta, fazendo intervenções quando solicitada pelos alunos.

Como a tecnologia está a cada dia mais inserida na comunidade, resolvemos explorar suas contribuições como um método pedagógico. Como o orientador já possuía projetos na área da RA atrelada ao ensino de Química foi decidido desenvolver um trabalho que abrangesse essa área. Pensando nos temas da Química que poderiam ser contextualizados com as chamadas TIC (Tecnologias da Informação e Comunicação) e levando em consideração a problematização trazida pela literatura quanto a visualização de fenômenos, decidimos abordar nessa pesquisa o tema Geometria Molecular.

O questionário respondido pelos alunos continha marcadores (Figura 3), parecidos com códigos QR, que permitiam a visualização de estruturas tridimensionais de moléculas, modelo bola e vareta. Para isto, utilizou-se um aplicativo para *smartphone* denominado Mirage Make disponível no site <http://mirage.ticedu.fr/>. Nesse processo, a câmera do celular capta a imagem do marcador e a transforma em uma imagem virtual que se sobrepõe a imagens reais (Figura 4).



Figura 3: Exemplo de marcador usado nas atividades de visualização de estruturas moleculares em RA. Fonte: elaboração da autora.

A partir dessas visualizações de estruturas moleculares foram elaboradas questões exploratórias sobre suas geometrias, que era o assunto central, e outros conteúdos relacionados como polaridade, estrutura de Lewis, ângulos de ligação e estabilidade. O questionário foi elaborado pelo professor/orientador em conjunto com a pesquisadora e era composto por questões discursivas que levavam em consideração tanto os conteúdos de geometria molecular, quanto a relação entre os níveis macroscópico e submicroscópico.

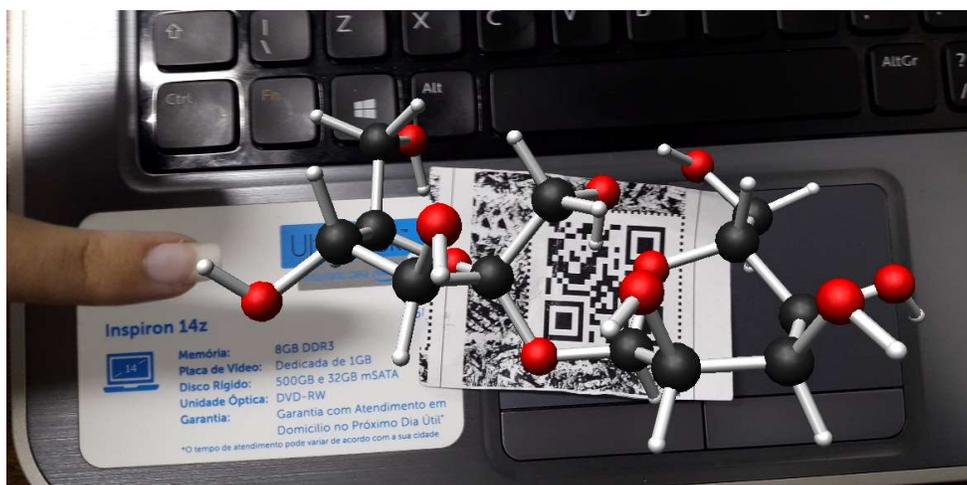


Figura 4: Estrutura molecular de bolas e varetas visualizada por meio do aplicativo de RA instalado no *smartphone*. As esferas pretas representam átomos de carbono, as vermelhas átomos de oxigênio e as cinzas átomos de hidrogênio. Fonte: elaboração da autora

3.2.Sujeitos da pesquisa

Os sujeitos dessa pesquisa são 20 licenciandos em Química e 3 alunos do curso de Química Industrial da Universidade Federal de Ouro Preto, no estado de Minas Gerais, que cursavam a disciplina Química Geral II no período letivo de 2019/1. Esses alunos vinham de uma sequência de aulas com o mesmo professor em Química Geral I no semestre letivo anterior e, por se tratar de uma turma de licenciandos, já apresentavam alguma familiaridade com os níveis do conhecimento químico, principalmente, os níveis macroscópico e submicroscópico. Os alunos dessa turma foram escolhidos como sujeitos da pesquisa, pois estavam iniciando o estudo do tema Geometria Molecular que julgamos adequado para o estudo das contribuições da RA no processo de significação por meio de visualizações bidimensionais e tridimensionais. Além disso, a turma foi escolhida devido à disponibilidade do professor/orientador em organizar o plano de ensino de maneira compatível com a pesquisa sem causar prejuízo aos alunos. Para que as aulas acontecessem com uma melhor dinâmica, os alunos foram divididos em 10 duplas e 1 trio que foram codificadas de G1 a G11.

3.3.Análise dos dados

Os dados dessa pesquisa foram analisados segundo as etapas de uma Análise de Conteúdo (AC) na perspectiva de Bardin (MORAES, 1999). Segundo Moraes (1999), a análise de conteúdo é baseada na definição original de Laswell em que a comunicação é caracterizada por seis questões: “quem fala? para dizer o que?, a quem?, de que modo?, com que finalidade? com que resultados? A pesquisa realizada pode se enquadrar em duas ou mais dessas características e, por ser qualitativa, essas características podem aparecer ao longo da sua construção.

A metodologia de uma AC segue cinco etapas:

1) Preparação das informações: Consiste em identificar as amostras e relacioná-las com o objetivo da pesquisa. De posse do material, atribuir a ele códigos que facilitem ao orientador voltar nas amostras quando necessário;

2) Unitarização ou transformação do conteúdo em unidades: Identificar e isolar as unidades de análise;

3) Categorização ou classificação das unidades em categorias: Agrupar dados de acordo com suas semelhanças podendo ser por critérios previamente ou posteriormente estabelecidos. Essa categorização facilita a análise dos dados;

4) Descrição: É o primeiro momento da comunicação do resultado da pesquisa. Uma síntese de cada unidade criada é feita expressando seus significados;

5) Interpretação: Por meio da interpretação se obtém uma compreensão mais aprofundada do que foi descrito. Esse processo pode ser feito baseando-se numa fundamentação teórica determinada *a priori*, ou a teoria pode ser construída através da análise dos dados e criação das categorias, sendo essa última a perspectiva tomada nessa pesquisa.

Como referencial teórico para a análise dos dados adotamos a Semiótica de Peirce e sua relação com os níveis do conhecimento químico de Johnstone, que levam em consideração a construção de significação dos fenômenos. Isso quer dizer que, mais do que a preocupação se o aluno aprende o conteúdo, prevalece a preocupação de como ocorre o processo em que ele interpreta e dá significado aos fenômenos relacionados ao tema.

Para responder a primeira questão de pesquisa - i) Quais as contribuições do uso de RA para que o aluno estabeleça relações de significação, objetificação e interpretação, segundo a Semiótica de Peirce, em uma aula de geometria molecular? - foram usadas as seguintes categorias: primeiridade, secundidade e terceiridade, já descritas no referencial teórico.

A fim de analisar e categorizar as respostas dos alunos, para cada questão (APENDICE I), foi criada a Tabela 1 que segue abaixo.

Categorização das respostas da Questão 1 e 2			
GRUPO(S)	PRIMEIRDADE	SECUNDIDADE	TERCEIRIDADE

Tabela 1: Tabela para categorização das respostas dos alunos. Fonte: elaboração da autora.

Já para a segunda questão - ii) Como o uso do aplicativo de RA nos revela a compreensão do aluno sobre os níveis do conhecimento químico? - a análise foi feita a partir da categorização apresentada na primeira questão de pesquisa e dos dados coletados pela videografia e notas de campo. Para tal, buscamos compreender como a visualização tridimensional proporcionada pelo aplicativo *Mirage Maker*, contribuiu para o aluno estabelecer a relação entre o nível submicroscópico e o macroscópico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A visualização no nível submicroscópico tem sido colocada como um grande problema nas aulas de química (ARROIO e FERREIRA, 2013), principalmente, quando o aluno necessita manipular imagens bidimensionais e tridimensionais de maneira mental ou gráfica. Diante dessa dificuldade, a primeira questão de nossa pesquisa visa interpretar como a RA pode auxiliar os alunos a aprofundar o conhecimento sobre geometria molecular e sobre os conceitos relacionados ao tema por meio da visualização tridimensional de moléculas. Utilizamos para analisar o questionário a semiótica de Peirce e suas categorias (primeiridade, secundidade e terceiridade) avaliando cada questão de acordo com a Tabela 1.

Questão de sondagem presente no questionário

Inicialmente essa questão foi feita para sondar se os alunos já conheciam o aplicativo de RA que seria utilizado no desenvolvimento das atividades do questionário. Em seguida, buscou-se sondar o conhecimento prévio dos alunos sobre o Paracetamol (carta 1 - Apêndice I), no seu cotidiano. A intenção principal dessa questão foi investigar como os alunos identificaram o átomo correspondente a cada cor na representação da molécula do Paracetamol e o nome das ligações químicas formadas através da imagem tridimensional gerada pelo aplicativo (Figura 5). A questão também foi colocada para familiarização dos alunos com o aplicativo e suas funções, como, por exemplo, rotacionar e pausar a representação da molécula, bem como, observá-la por diversos ângulos como se estivesse manuseando um modelo físico de bolas e varetas.

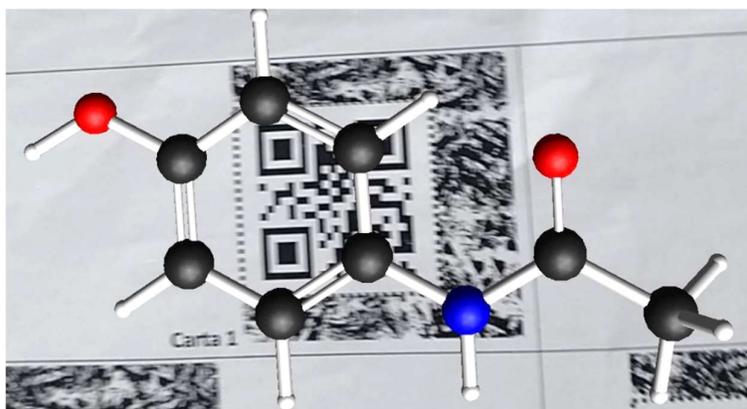


Figura 5: Representação da molécula de Paracetamol em RA. As esferas pretas representam átomos de carbono, as vermelhas átomos de oxigênio, a azul um átomo de nitrogênio e as cinzas átomos de hidrogênio. Fonte: elaboração da autora.

Foi observado que muitos desses alunos tiveram uma certa dificuldade com o aplicativo num primeiro momento, uma vez que, a maioria congelava a imagem da estrutura ao invés de rotacionar e explorar todos os ângulos que eram proporcionados, como registrado em notas de campo. Um grupo em particular procurou a bula do Paracetamol para determinar sua composição, ao invés de analisar a estrutura e deduzir os átomos presentes na molécula através da imagem em RA. Isso não era o esperado, mas mostrou que os alunos estavam procurando responder adequadamente a questão, mesmo sem a atribuição de pontos da disciplina de Química Geral a essa atividade. Os outros grupos identificaram os átomos de Carbono (C), Hidrogênio (H), Nitrogênio (N) e Oxigênio (O) pelos tipos de ligações, quantidade de ligações feitas por cada um desses átomos e reconhecimento da estrutura do benzeno. De maneira geral, após as discussões, as respostas se apresentaram conforme mostrado na Figura 6.

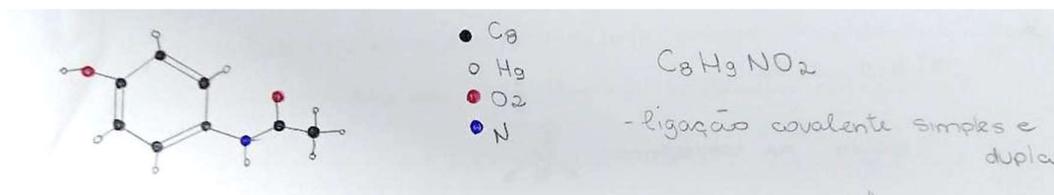


Figura 6: Representação da molécula do Paracetamol feita pelo grupo G5.

Questões 1 e 2

As questões 1 e 2 referem-se a conceitos relacionados à Geometria Molecular que podem ser discutidos usando-se a imagem tridimensional gerada pelo aplicativo de RA, conforme mostrado na Figura 7. A questão 1 apresenta a imagem da molécula de SF_4 (tetrafluoreto de enxofre) com geometrias moleculares diferentes (cartas SF41 e SF42). Espera-se que o aluno, depois de representar a estrutura de Lewis, julgue: i) qual das estruturas é a mais estável? ii) qual a polaridade das moléculas? e iii) qual a geometria correspondente a cada estrutura. Pede-se também que o aluno desenhe a estrutura molecular de SF_4 , passando da representação tridimensional em RA para a bidimensional, fazendo o caminho inverso do convencional, para que se avalie o seu entendimento sobre a visualização em nível molecular.

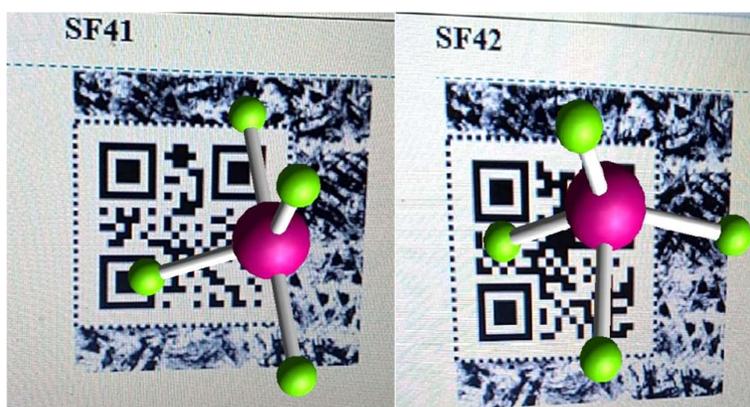


Figura 7: Distintas representações da molécula SF₄ em RA. As esferas verdes representam átomos de flúor e a de cor rosa representa o átomo de enxofre. Fonte: elaboração da autora.

A questão 2 apresenta cartas de 2 a 5 (Figura 8) e pede que de acordo com a imagem em RA o aluno forneça para cada molécula a estrutura de Lewis, sua geometria molecular e sua polaridade, assim como na questão 1. O objetivo da questão 2, mesmo sendo bem parecida com a primeira questão, foi proporcionar aos alunos maior interação com diferentes estruturas moleculares por meio do aplicativo de RA, uma vez que, estamos interessados em investigar as contribuições dessa tecnologia no Ensino de Química.

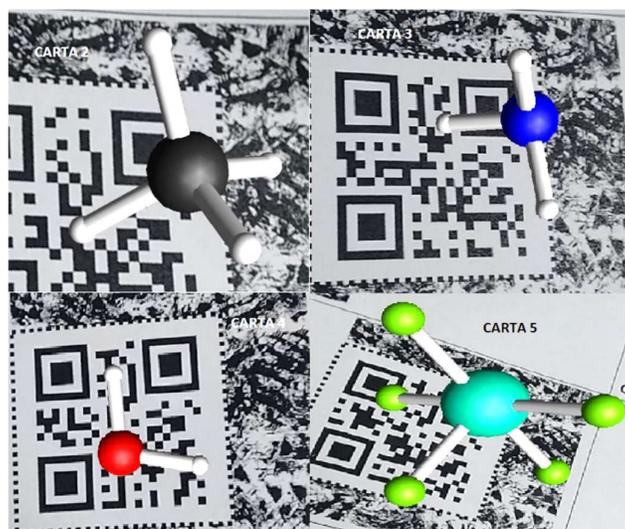


Figura 8: Representação em RA das moléculas de metano, amônia, água e pentafluoreto de bromo apresentadas nas cartas de 2 a 5. Fonte: elaboração da autora.

As categorizações das respostas das questões 1 e 2, conforme mostrado na Tabela 2, foram feitas mediante as seguintes descrições:

a) primeiridade: O grupo não sabe a resposta ou representa a estrutura de Lewis inadequadamente;

b) secundidade: Apesar dos pares de elétrons isolados não serem representados na imagem do aplicativo, o grupo os representa, mas não fornece a geometria molecular adequada. Além disso, estão incluídos nessas categorias os grupos que não apresentaram justificativa para a respostas do item 1-d;

c) terceiridade: Além da representação adequada da estrutura quanto aos pares de elétrons de valência, o grupo representa a geometria molecular correta levando em consideração a estabilidade da estrutura (Teoria de repulsão dos pares de elétrons de valência) com justificativa, bem como, fornece a polaridade adequada da molécula.

Categorização das respostas das questões 1 e 2			
GRUPO(S)	PRIMEIRIDADE	SECUNDIDADE	TERCEIRIDADE
G3, G5, G6, G7 G9, G10 e G11	Nenhuma resposta se aplica.	Respostas se enquadram nessa categoria.	Nenhuma resposta se aplica.
G1, G2, G4 e G8	Nenhuma resposta se aplica.	Nenhuma resposta se aplica.	Respostas se enquadram nessa categoria.

Tabela 2: Categorização geral das respostas dos alunos para a questão 1 e 2. Fonte: elaboração da autora.

Como esperado, não encontramos grupos inseridos num grau de primeiridade. Acreditamos que isso se deve aos conhecimentos adquiridos pelos alunos no ensino médio, primeiro período do curso de Química Licenciatura e às aulas introdutórias sobre geometria molecular. Os grupos se apropriaram de representações e conhecimentos

químicos e conseguiram criar uma relação entre o signo apresentado em RA e o conteúdo a ser discutido, o que está em conformidade com a secundidade, ou seja, uma relação de dependência entre dois termos.

Na secundidade está inserida a maior parte dos grupos, 65% da turma (15 alunos) se enquadram nessa categoria. Esses alunos conseguem criar signos que se relacionam com o objeto imediato, contudo não conseguem interpretar o fenômeno pois criam signos degenerados que não permitem a formação do interpretante. Isso quer dizer que o aluno não consegue evoluir do índice, ou seja, a imagem que foi memorizada literalmente, para o símbolo. Apesar de boa parte desses alunos terem concluído o ensino médio há pouco mais de dois anos, 52% da turma formou-se nos anos de 2016 e 2017, com ingresso no ensino superior no ano de 2018, e de terem frequentado aulas de Química Geral I era esperado que estivessem inseridos na secundidade. Podemos inferir que nas aulas de Química na educação básica e no ensino superior existe uma carência do uso de materiais didático-pedagógicos que reforcem habilidades visuais, o que pode conduzir a uma limitada percepção do espaço bidimensional e tridimensional pelos alunos (SILVA et al, 2017). Além disso, os licenciandos em Química vão se apropriando de representações no nível molecular gradativamente ao longo do curso "a partir de propriedades e conceitos que vão sendo aos poucos adicionados aos já existentes (sucessivas semioses)" (WARTHA, 2011).

Os grupos cujas respostas foram categorizadas na terceiridade são de alunos que além de relacionar o signo apresentado ao conteúdo químico (secundidade), conseguem dar seguimento ao processo de semiose e criar novos signos, interpretá-los e construir significados. Nesse processo a relação entre o signo e o interpretante é mais complexa, os alunos conseguem responder completamente as questões e o signo é considerado um símbolo. Esses alunos conseguem analisar um modelo submicroscópico ao interpretar os signos e criar significação através de teorias. Pela representação desse fenômeno, acessam o nível simbólico no processo de construção do conhecimento científico.

A análise da questão 1, item d, foi importante para a determinação das categorias em que os grupos estariam classificados. Para fornecer qual geometria molecular era a mais adequada os grupos deveriam avaliar a estabilidade das estruturas e para isso era necessário se apropriar de conceitos e procedimentos da teoria de repulsão dos pares de elétrons de valência. Nessa questão foram categorizados como na terceiridade os grupos que mostraram a importância do par de elétrons isolado na determinação da estrutura mais

provável para a representação da molécula de SF₄. A seguir estão apresentadas algumas respostas e suas análises que julgamos relevantes para responder à questão de pesquisa:

“A estrutura B é a mais adequada pois tem a menor repulsão.” (G1). Essa é uma resposta que categorizaria G1 na secundidade, uma vez que, não apresenta uma explicação sobre a repulsão presente nas estruturas de SF₄. Porém, ainda nessa resposta, o grupo cria um signo que descreve corretamente a repulsão eletrônica existente na molécula de SF₄ sendo suficiente para explicar a estabilidade da estrutura como mostra a Figura 9. O esquema feito por G1 mostra que quando o par de elétrons isolado está em posição equatorial a repulsão ocorre com dois átomos. Mas, quando se encontra em posição axial a repulsão ocorre com três átomos e dessa forma a estrutura B (Figura 9) é a mais provável.

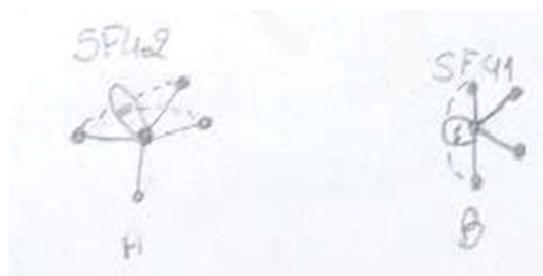


Figura 9: Signo criado pelo G1 para explicar a estabilidade da molécula de SF₄

“A forma mais adequada é a de gangorra porque a repulsão do par de elétrons com os átomos externos é menor, por interagir diretamente com dois átomos.” (G4). Acreditamos que esse grupo está inserido num grau de terceiridade uma vez que desenha um signo para SF₄ demonstrando a repulsão eletrônica entre os átomos da molécula, além de apresentar uma resposta textual adequada para a questão (Figura 10)



Figura 10: Representação de G4 para a estabilidade da molécula de SF₄.

“A geometria mais adequada é a gangorra, que vimos na imagem SF41. Porque há na molécula um par de elétrons isolados, e com esta geometria a energia de repulsão é menor, tornando mais estável. ” (G7). Percebemos pelos signos criados por esse grupo (Figura 11) que eles consideram a presença de par de elétrons isolado apenas na estrutura de Geometria Molecular gangorra. Porém, as duas estruturas representam a mesma molécula e por isso possuem o par de elétrons isolados. Por não ter representado o par de elétrons isolado na estrutura SF42 esse grupo se enquadra na secundidade.

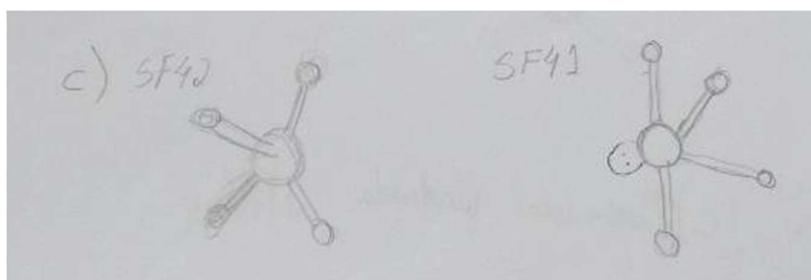


Figura 11: Signos representados pelo grupo G7 para a molécula de SF₄.

A resposta de G9 conduziu à categorização de secundidade. Pela questão 2 é possível identificar que esse grupo não conseguiu relacionar adequadamente a imagem tridimensional com a bidimensional. O grupo cria um interpretante através da molécula visualizada pelo aplicativo em RA, representa a estrutura de Lewis, porém dá origem a um signo degenerado que é evidenciado nas geometrias moleculares inadequadas como se pode observar na Figura 12.

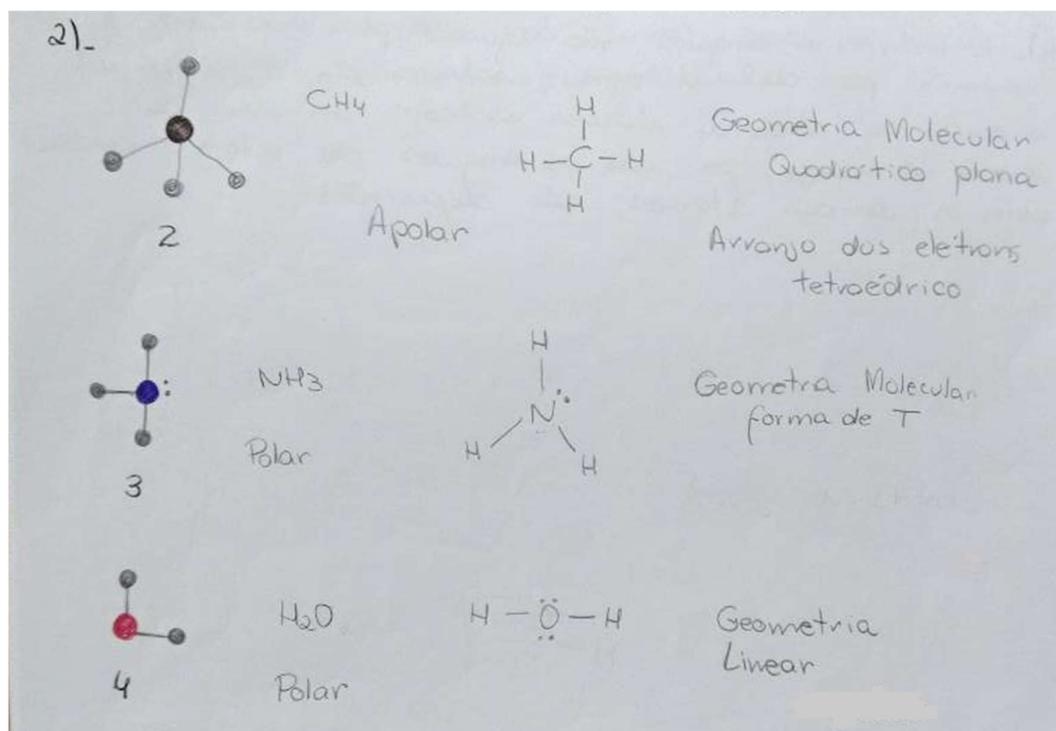


Figura 12: Exemplo de resposta de G9 categorizada na secundidade.

Também na secundidade foi categorizada a resposta de G11. Na questão 1 (Figura 13) a estrutura de Lewis foi desenhada adequadamente, assim como as geometrias, mas podemos inferir que os alunos não se apropriaram do conhecimento químico necessário, ou seja, não possuem interpretantes adequados, pois apesar das geometrias corretas eles analisam a estabilidade da espécie de maneira equivocada e fornecem a resposta incorreta.

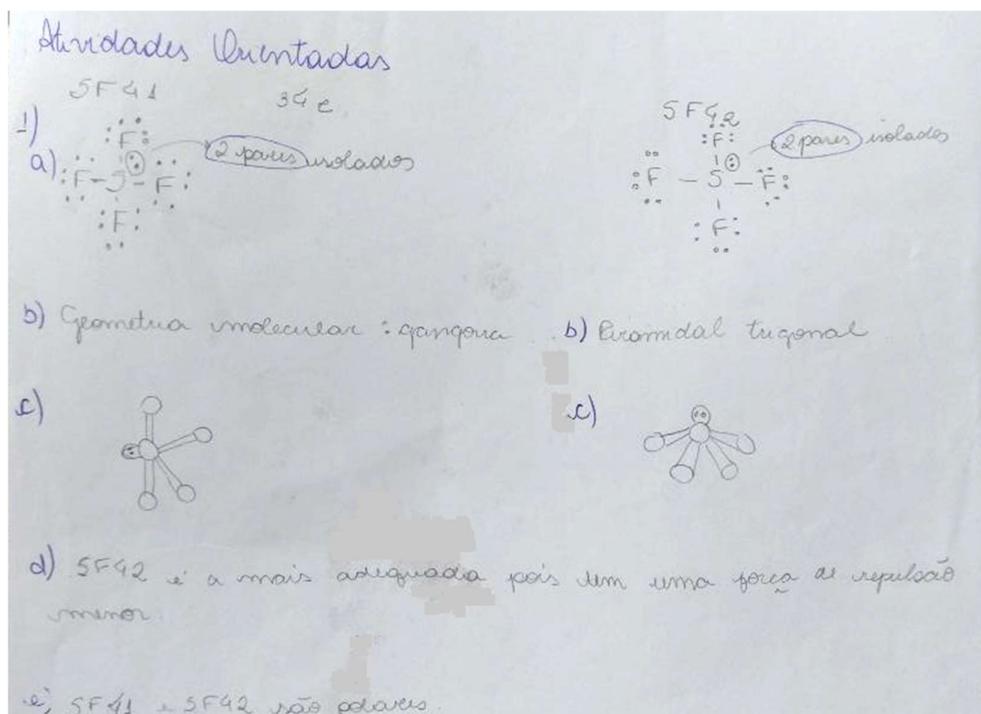


Figura 13: Exemplo de resposta de G11 categorizada na terceira idade.

Na terceira idade, dentre os grupos dessa categoria, selecionamos como exemplo G2. O grupo representa corretamente as geometrias adicionando à estrutura molecular os pares de elétrons isolados que não aparecem na representação em RA. Isso se dá através de um processo de semiose que leva à criação de um novo signo. Além disso, fornecem a polaridade correta da molécula e quando desenharam as geometrias representam cores destacando cada átomo e explicando por meio de legendas (Figura 14)

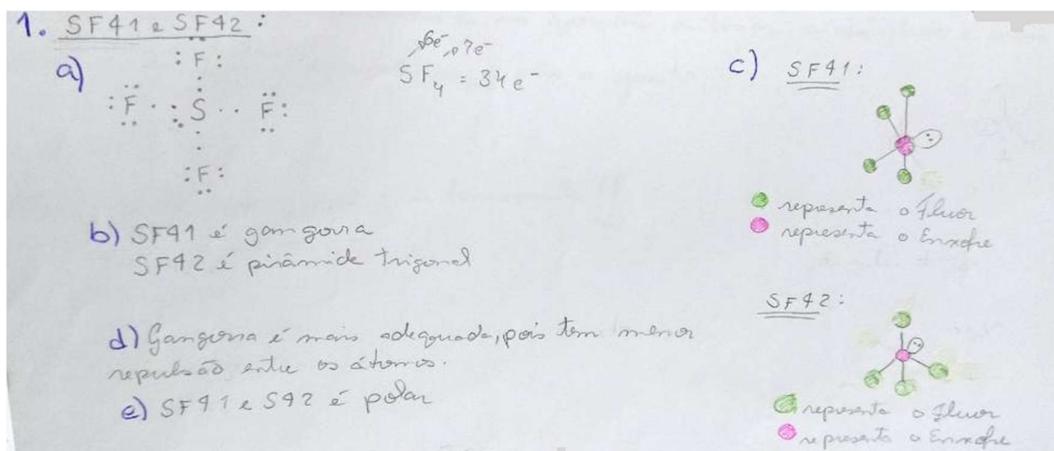


Figura 14: Exemplo de resposta de G2 categorizada na terceira idade.

A segunda questão de pesquisa visa interpretar o modo como o aplicativo em RA auxilia os alunos a aprofundar o aprendizado quanto aos níveis do conhecimento químico seguindo o ciclo do triângulo de Johnstone atrelado à tríade da Semiótica de Peirce (WARTHA E REZENDE, 2011). Para isto, também foi utilizada a Tabela 1 que permite categorizar os grupos em primeiridade, secundidade e terceiridade. Essa categorização foi baseada nas respostas das questões 3, 5 e 6 uma vez que exploram o entendimento e aprofundamento dos alunos quanto aos níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico.

Na questão 3, o aluno precisa representar a mistura de água e amônia no nível macroscópico e submicroscópico. A intenção é explorar o conhecimento dos alunos quanto a esses níveis, como eles diferenciam o macroscópico do submicroscópico a partir das representações de moléculas em RA fornecidas pelo aplicativo (Cartas 3 e 4. Figura 8), uma vez que já estão familiarizados com o assunto. A partir desse problema as questões seguintes trazem questionamentos quanto ao nome atribuído a essa tecnologia e sua aplicação no Ensino de Química. Na questão 6, por exemplo, avalia-se a adequação do nome realidade aumentada ao se referir as representações geradas pelo aplicativo a fim de investigar se o aluno é capaz de discutir e identificar o que é um Modelo Científico.

A Tabela 3 mostra como os grupos foram categorizados quanto à Semiótica de Peirce. As categorizações das respostas das questões 3, 5 e 6 foram feitas mediante as seguintes descrições:

- a) Primeiridade: Não respondem ou representam o nível submicroscópico de maneira equivocada;
- b) Secundidade: Representam a mistura nos níveis macroscópico e submicroscópico, porém não reconhecem como um modelo científico as representações feitas por eles e a imagem do aplicativo e por isso discutem de maneira errônea o nome Realidade Aumentada.
- c) Terceiridade: Representam a mistura nos níveis macroscópico e submicroscópico e conseguem relacionar as representações feitas por eles e as

imagens do aplicativo em RA como um modelo e por esse motivo julgam o nome Realidade Aumentada como inadequado.

Categorização das respostas 3, 5 e 6.			
GRUPO(S)	PRIMEIRIDADE	SECUNDIDADE	TERCEIRIDADE
G1, G5, G6, G7, G9, G10 e G11	Nenhuma resposta se aplica	Respostas se enquadram nessa categoria.	Nenhuma resposta se aplica
G2, G3, G4 e G8	Nenhuma resposta se aplica	Nenhuma resposta se aplica	Respostas se enquadram nessa categoria.

Tabela 3: Categorização geral das respostas dos grupos para as questões 3, 5 e 6. Fonte: elaboração da autora

Assim como nos resultados obtidos na primeira questão de pesquisa, não encontramos grupos inseridos na primeiridade ao analisar as respostas das questões 3, 5 e 6. Acreditamos que isso ocorreu devido aos conhecimentos prévios dos alunos que lhes permitiu relacionar os signos mostrados pelo aplicativo em RA com modelos científicos.

Também como na primeira questão de pesquisa 65% dos alunos dessa turma (15 alunos) estão categorizados num grau de secundidade, sendo praticamente os mesmos grupos da Tabela 2. Como são alunos que estão no início do seu processo de formação docente, ainda carregam consigo dificuldades vindas do ensino médio uma vez que ainda estão desenvolvendo suas habilidades de visualização e representação para conseguir formar seu próprio conhecimento (ARROIO e FERREIRA, 2013). Esses alunos já estão no segundo período do curso de Química Licenciatura e dessa forma era esperado que

nenhum grupo se enquadrasse num grau de primeiridade, mas transitando entre a secundidade e a terceiridade.

Os resultados mostraram que a maioria dos alunos (65%) representam os níveis macroscópico e submicroscópico, mas não conseguem aplicar e explicar o porquê as representações geradas pelo aplicativo em RA também se tratam de modelos científicos. Logo encaram a representação de uma molécula em RA como uma realidade física e consideram que é algo imperceptível a olho nu, mas que pode ser aumentado para que se torne visível.

Os alunos que foram categorizados na terceiridade, além de representar os níveis macroscópico e submicroscópico com maiores detalhes, conseguiram relacionar tanto essas representações quanto as representações geradas pelo aplicativo de RA como modelos científicos. Dessa forma, ao se discutir a função que o aplicativo exerceu nessa aula, identificam que não se trata de estruturas moleculares que foram ampliadas, mas sim de um modelo representacional para que se torne possível estudar as relações entre os átomos e moléculas. Assim, julgaram inadequado o nome Realidade Aumentada atribuído à essa tecnologia, visto que o estudo sobre Geometria Molecular é geralmente realizado por meio de modelos e representações.

Abaixo seguem alguns exemplos de como os alunos interpretaram as questões 3, 5 e 6 e a análise dessas respostas que julgamos relevantes para responder a segunda questão de pesquisa:

“Não, a realidade aumentada serve para ilustrar a geometria molecular de certas moléculas e fazer com que o aluno possa visualizar como esta molécula está no espaço, mas não irá representar a molécula como ela é realmente” (Questão 5) - G3.

“Não, já que acho que o app não ilustra a realidade e sim uma representação em 3D dos modelos geométricos”. (Questão 6) – G3.

Acreditamos que esse grupo se encontra na terceiridade, pois consegue relacionar e interpretar os signos como modelos e entende que como o aplicativo em RA apresenta um modelo tridimensional para facilitar a visualização e entendimento dos alunos sobre o conceito Geometria Molecular. Além disso, argumentam que o nome Realidade Aumentada não é adequado no contexto do Ensino de Química.

“Sim. Pois aumentando o tamanho da molécula podemos compreender melhor o que não conseguimos ver a olho nu, e faz também entender e despertar a curiosidade”. (Questão 5) - G5.

“Eu acho adequado, pois o aplicativo tem a tecnologia de aumentar o que está no nosso redor a todo tempo e não conseguimos ver” (Questão 6) – G5. Pela resposta desse grupo podemos inferir que esses alunos acreditam que o aplicativo em RA aumenta a molécula que não é visível a olho nu para que se torne perceptível e por isso julgam adequado o nome da tecnologia. Para nós esse grupo se encontra num grau de secundidade.

Podemos observar na Figura 15 que quando G5 representa o nível macroscópico na questão 3, ele ilustra um copo contendo uma mistura homogênea entre água e amônia (dedução nossa). Porém, no nível submicroscópico esses alunos não representam a formação da solução entre amônia e água. Possivelmente, confundem mistura com reação sendo que nesse caso deveriam primeiro representar a solução e posteriormente a reação. Contudo, depreende-se da representação feita por esse grupo a presença de interpretantes que os possibilitaram prever o produto de uma reação entre água e amônia e desse forma podemos dizer que estão oscilando entre a secundidade e terceiridade em relação a alguns conceitos químicos. Ainda por meio da figura 15 podemos inferir que o grupo não se apropriou da representação de substâncias no nível submicroscópico, pois desenha apenas uma molécula.

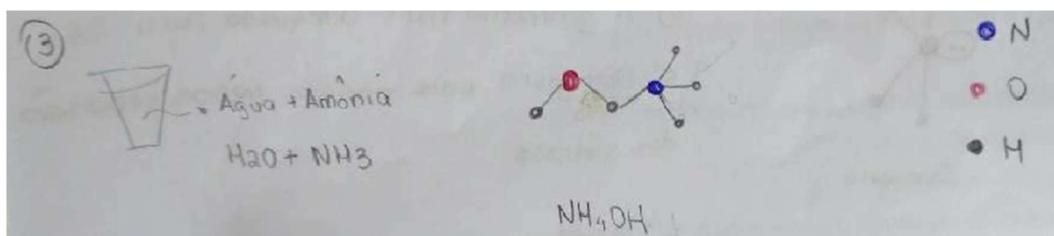


Figura 15: Representação dos níveis macroscópico e submicroscópico da mistura de água e amônia G5

“Não, a realidade aumentada não mostra como as moléculas são é apenas uma representação de como elas se comportam, tanto que é possível ter uma melhor compreensão em alguns conceitos, por exemplo, na geometria molecular”. (Questão 5) - G1.

“Não. Pois acredito que não está representando a realidade da molécula em 100%”. (Questão 6) – G1.

Esse grupo consegue relacionar e interpretar os signos como representações e além disso compreendem que o aplicativo em RA tem a finalidade de auxiliar num melhor entendimento sobre os conceitos trazidos na aula por meio das suas funções. Porém, quando julgam o nome do aplicativo adequado ao Ensino de Química, percebemos que esses alunos acreditam que uma parte da estrutura molecular apresentada é real e por isso o categorizamos entre a secundidade e a terceiridade.

Quanto à representação da questão 3, assim como a maioria dos grupos, percebemos que G1 apresentou dificuldade em relacionar e criar signos no nível submicroscópico (Figura 16). O grupo representa o nível macroscópico como um béquer contendo a mistura homogênea de água e amônia, porém no nível submicroscópico representa também um béquer contendo algumas esferas, que podem ser interpretadas como os átomos, as moléculas ou até mesmo gases liberados, uma vez que não produziram uma legenda indicando do que se trata essas estruturas não se tratando assim de um modelo aceitável para responder à questão, ou seja, muito limitado.

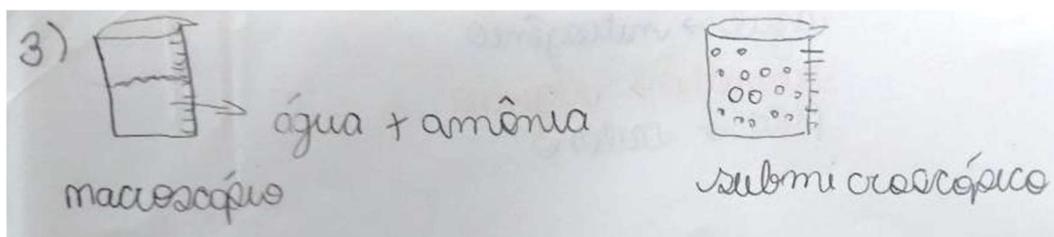


Figura 16: Representação dos níveis macroscópico e submicroscópico da mistura de água e amônia G1

“A ‘realidade aumentada’ não mostra a molécula da maneira como ela é. Acredito que seja muito complicado representar uma molécula exatamente como ela é visto que seu tamanho é microscópico. Essa função tem como objetivo esboçar de uma forma tecnológica do que poderia ser a distribuição dos átomos com seus elétrons nas regiões corretas”. (Questão 5) - G4.

“Não é um nome adequado uma vez que ‘não é real’. É uma função tecnológica de representar a molécula em 3D e facilitar a visualização da molécula”. (Questão 6) – G4.

Os participantes de G4, além de interpretarem esses signos como modelos trazem evidências de que compreendem o nível submicroscópico quando se referem ao tamanho das moléculas. Eles interpretam o aplicativo em RA pela sua função tecnológica de gerar modelos tridimensionais para facilitar a visualização julgando assim o nome RA inadequado. Pelo entendimento apresentado podemos concluir que G4 possui interpretantes que nos permitiram categorizá-lo na terceiridade.

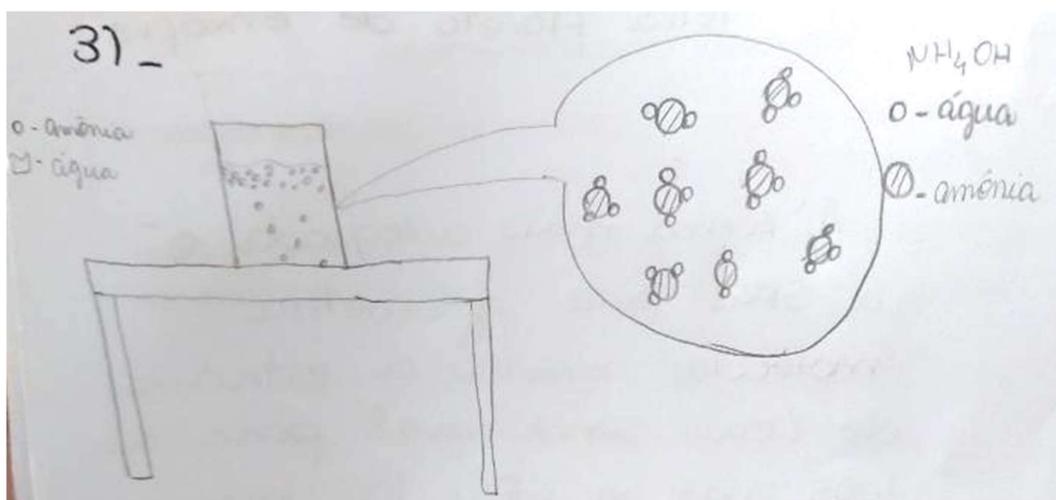


Figura 17: Representação dos níveis macroscópico e submicroscópico da mistura de água e amônia feita por G9.

Quanto às representações dos níveis macroscópicos e submicroscópicos da questão 3, o G9 foi um dos grupos que fez uma representação próxima do que seria adequado como podemos observar na Figura 17. Eles apresentaram legendas e o recurso de ampliação do modelo macroscópico indicando o nível submicroscópico, o que foi bastante positivo. Porém, como outros grupos, eles reconhecem que a água e a amônia irão reagir formando solução de $\text{NH}_4\text{OH}(\text{aq})$, mas não sabem como representar essa etapa.

5. *CONSIDERAÇÕES FINAIS*

A Semiótica, ciência que estuda as representações por meio dos signos, possibilitou analisar os dados que mostraram que no aprendizado de Geometria Molecular distintas representações e suas interpretações são importantes para melhorar o entendimento e visualização de fenômenos pelos alunos. Segundo Silva et al (2013) “o uso de materiais manipulativos como modelos, serve de representação para gerar uma imagem mental, possibilitando a manipulação, visualização e construção de significados, conduzindo-se ao raciocínio (SILVA, et al, 2013, p. 105) ”. Levando isso em consideração, avaliamos o desempenho do aplicativo em RA como satisfatório, uma vez que é uma ferramenta que permite aos alunos acessarem todos os três pontos colocados pelos autores acima. A análise dos resultados mostrou que os alunos transitavam entre os níveis de secundidade (relacionam objetos e signos) e terceiridade (interpretam, analisam e generalizam). Esse é um resultado esperado, uma vez que a literatura relata que grande parte dos alunos conclui o ensino médio sem possuírem uma boa visualização espacial, e assim interpretam as estruturas moleculares tridimensionais como sendo planas (SILVA, et al, 2013). O aplicativo em RA permitiu aos grupos maior interação com o conteúdo de Geometria Molecular e os alunos foram mais ativos no processo de visualização e construção de conhecimento científico. Além disso, observamos um grande diálogo entre os membros de cada grupo que se mostraram mais engajados, pois a aula fugiu ao formato tradicional e o professor atuou como mediador, sem fornecer respostas prontas aos alunos.

6. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, T. P. Uma sequência didática para geometria das moléculas. **Relatório resumido das atividades desenvolvidas pelo Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)**. Universidade Federal de Minas Gerais. 23 de Novembro de 2015.

FERREIRA, C. R.; ARROIO, A. Visualização no Ensino de Química: concepções de professores em formação inicial. **Química Nova na Escola**. v. 35, n 3, p. 199-208, 2013.

França, C. R.; Silva, T. A utilização da realidade virtual e aumentada no ensino de ciências no Brasil. **Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica**, Santa Catarina;

GRESCVYSCZYN, M. C. C.; FILHO, P. S. C.; LABURÚ, C. E.; MONTEIRO, E. L. A perspectiva semiótica de Peirce para o ensino e aprendizagem de química. **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC**, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – 3 a 6 de julho de 2017.

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

MATHIAS, G.N.; BISPO, M. L. P.; AMARAL, C. L. C. Uso de tecnologias de informação e comunicação no Ensino de Química no Ensino Médio. **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – VII Enpec**, Florianópolis, SC. 8 de Novembro de 2009

MORAES, Roque. Análise de conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

PELEGRINI, R. T. A mediação semiótica no desenvolvimento do conhecimento químico. 116 f. Dissertação (Mestrado em Educação na área de psicologia)- **Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP**, 1995.

SANTAELLA, L. O que é a Semiótica. **Coleção Pequenos Passos**. n. 103 - Editora Brasiliense, 1983.

Texto extraído do trabalho de CANZIAN, R.; MAXIMIANO, F. A. **Alterações nos sistemas em equilíbrio químico: análise das principais ilustrações presentes em livros didáticos**. Disponível em: <http://www.s bq.org.br/eneq/xv/resumos/R0859-2.pdf>

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce. **Investigações em Ensino de Ciências** – v. 16(2), p. 275-290, 2011.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R.R. Cotidiano e contextualização no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**. v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

7. APÊNDICE I

Química Geral II - Geometria Molecular e Realidade Aumentada

Nomes:

Vamos Começar! 1) Usando o *smartphone*, em *Play Store* baixe o aplicativo Mirage Make.

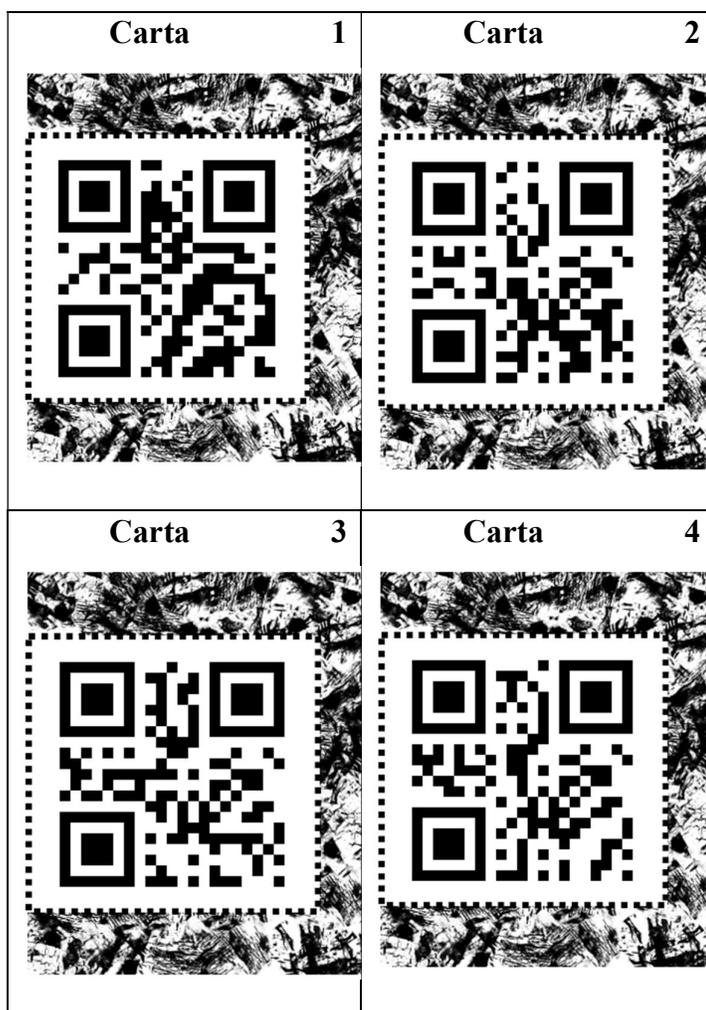
2) Para observar os modelos em realidade aumentada (RA), inicie o aplicativo Mirage Make, clique em *Scan* e direcione o *smartphone* para centralizar o código que aparece na tela.

3) **Carta 1 - Paracetamol - Discussão:** Vocês já conheciam aplicativos de realidade aumentada? Para que serve esse medicamento? Geralmente quais cores representam os átomos mostrados? Qual o nome das ligações químicas formadas?

Atividades Orientadas

1. Observe os códigos fornecidos, **cartas SF41 e SF42**, em realidade aumentada e faça o que se pede:
 - a) escreva as estruturas de Lewis;
 - b) forneça o nome das geometrias observadas;
 - c) desenhe as geometrias moleculares (formas espaciais moleculares) observadas;
 - d) indique qual das duas geometrias é a mais adequada. Justifique a escolha realizada;
 - e) forneça a polaridade da espécie indicada no item.
2. Observe os códigos das **cartas 2 a 5** e, em cada caso, forneça:
 - a) a estrutura de Lewis;
 - b) a fórmula molecular;
 - c) a geometria molecular (formas espaciais moleculares);
 - d) a polaridade molecular.
3. Represente no nível macroscópico e no nível submicroscópico uma mistura de água e amônia.

- Utilize a representação em realidade aumentada das moléculas de metano (**carta 2**), água (**carta 4**) e amônia (**carta 3**) para discutir se os ângulos formados entre a espécie central e dois átomos periféricos é igual para essas três moléculas.
- A realidade aumentada mostra como a molécula realmente é? Explique.
- O nome "realidade aumentada" é adequado para se referir às representações observadas com o aplicativo? Comente.



Carta 5 	SF41 
SF42 	

Marcadores de RA usados na atividade sobre Geometria Molecular.