



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA (UESB)
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA**

Jaime José da Silva

**DESENVOLVIMENTO DIDÁTICO DE REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS NO
ENSINO DE QUÍMICA**

**JEQUIÉ – BA
2023**



Governo do
Estado da Bahia

JAIME JOSÉ DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DIDÁTICO DE REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS NO
ENSINO DE QUÍMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação PROFQUI, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Educação.

Orientador: Marcos Antônio Pinto Ribeiro

**JEQUIÉ – BA
2023**



Governo do
Estado da Bahia

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB
Recredenciada pelo Decreto Estadual
Nº 16.825, de 04.07.2016

S586d Silva, Jaime José da.

Desenvolvimento didático de representações semióticas no ensino de química / Jaime José da Silva- Jequié, 2023.

87f.

(Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Profissional em Química da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, sob orientação do Prof. Dr. Marcos Antônio Pinto Ribeiro)



Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB
Recredenciada pelo Decreto Estadual
Nº 16.825, de 04.07.2016

Termo de aprovação

Jaime José da Silva

DESENVOLVIMENTO DIDÁTICO DE REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS NO ENSINO DE QUÍMICA

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação Mestrado Profissional em Química em rede nacional da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química.

Prof. Dr. Marcos Antônio Pinto Ribeiro – Orientador (UESB)

Prof. Dr. Bruno Ferreira dos Santos – Avaliador (UESB)

Profa. Dra. Ana Luiza de Quadros (Avaliadora)

Dissertação aprovada pelo Colegiado do curso de pós-graduação mestrado Profissional em Química em 24/02/2023.

A filosofia é uma ciência baseada na experiência diária... (nela) não devemos começar falando sobre ideias puras- pensamentos vagabundos que percorrem estradas desabitadas - mas devemos começar falando a respeito dos homens e de sua conversação.

(Charles Sanders Peirce)

Agradecimentos

Agradeço a Deus pelo sentido da existência.

Agradeço aos meus pais “in memoriam” pelo esforço em garantir minha educação ao longo da vida e acreditar nos meus estudos.

Agradeço ao professor Dr. Antônio Pinto Ribeiro pelas orientações e discussões ao longo da vida acadêmica. Agradeço à professora Dra. Ana Luiza de Quadros e ao professor Dr. Bruno Ferreira Santos pelas contribuições valiosas na pesquisa.

Agradeço a todos os professores que fazem parte do PROFQUI pela interação e solidariedade.

Agradeço aos orientandos tanto do mestrado acadêmico quanto profissional. É muito importante essa interação e companheirismo.

Enfim, agradeço aos amigos e colegas de trabalho pelo apoio e incentivo.

RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de analisar a importância dos processos de representação no ensino de química. Para fundamentar o trabalho recorreu-se a teoria da Semiótica desenvolvida por Charles Sanders Peirce. A Semiótica pode ser compreendida como a teoria geral dos signos e pode contribuir para analisar a linguagem da química enquanto processo de comunicação dos fenômenos da natureza na dimensão macrosocópica e submicroscópica. No trajeto de desenvolvimento do referencial teórico foram abordadas as categorias de análise dos juízos químicos tais como abdução, transdição e *affordance*. Aspectos ligados a noção de multimodalidade também compuseram a discussão acerca das metodologias ligadas ao processo de aprendizado e apropriação da linguagem em química. Para completar o quadro explicativo, foi desenvolvida uma breve análise da evolução histórica da linguagem química. A fundamentação teórica serviu de subsídio para desenvolver uma sequência didática voltada para estudantes de química do 3º ano do ensino médio. A proposta de ensino procurou abordar conteúdos utilizando recursos multimodais para o aprendizado sobre os compostos orgânicos, representações moleculares, presença no cotidiano e contextualização da temática em química orgânica. Como recursos multimodais foi proposto a elaboração de estruturas moleculares através de representações no papel, confecção de ferramentas didáticas utilizando bola-vareta e utilização do software Molview para elaboração de moléculas na dimensão virtual. Para contextualizar os conceitos e formas de representação das estruturas moleculares foi proposto pelos estudantes a elaboração de um jornal científico abordando notícias relacionadas com compostos orgânicos presentes no cotidiano. O objetivo do trabalho, portanto, é propor uma metodologia de ensino voltada para apropriação da linguagem científica, utilizando-se das diversas representações que fazem parte do universo da linguagem química.

Palavras chaves: Representações no ensino de química, semiótica e sequência didática

Abstract

This work aims to analyze the importance of representation processes in chemistry teaching. To substantiate the work, the theory of Semiotics developed by Charles Sanders Peirce was used. Semiotics can be understood as the general theory of signs and can contribute to analyzing the language the chemistry as a process of communication of natural phenomena in the macroscopic and submicroscopic dimensions. In the path of development of the theoretical framework, categories of analysis of chemical judgments such as abduction, transduction and affordance were addressed. Aspects related to the notion of multimodality also with discussion on the methodologies applied to the learning process and appropriation of language in chemistry. To complete the explanatory framework, a brief analysis of the historical evolution of the chemical language was developed. The theoretical foundation was important to develop a didactic sequence aimed at chemistry students in the 3rd year of high school. The teaching proposal sought to address content using multimodal resources for learning about organic compounds, molecular representations, presence in everyday life and contextualization of the theme in organic chemistry. As multimodal resources, it was proposed the elaboration of molecular structures through representations on paper, the making of didactic tools using a ball-stick and the use of Molview software for elaboration of representation in the virtual dimension. To contextualize the concepts and forms of representation of molecular structures, the students proposed the development of a scientific journal addressing News related to organic compounds present in everyday life. The objective of the work, therefore, is to propose a teaching methodology aimed at appropriating the scientific language, using the various representations that are part of the universe of chemical language.

Keywords: Representations in the teaching of chemistry, semiotics and sequential didactics.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ESTRUTURAS DE COUPER.....	34
FIGURA 2: REPRESENTAÇÃO MOLECULAR POR COMPUTAÇÃO.....	36
FIGURA 3: REPRESENTAÇÃO MOLECULAR NO PROGRAMA MOLVIEW.....	39
FIGURA 4: MODOS DE APRENDIZAGEM EM QUÍMICA.....	50
FIGURA 5: REPRESENTAÇÃO GEOMÉTRICA UTILIZANDO BEXIGA.....	59
FIGURA 6: IMAGEM NA LOUSA E NO ESPAÇO DA SALA – MOLÉCULA DE METANOL.....	62
FIGURA 7: IMAGEM NA LOUSA – REPRESENTAÇÕES DA NICOTINA.....	63
FIGURA 8: MODELO MOLECULAR DE NICOTINA EM BOLA-VARETA.....	64
FIGURA 9: REPRESENTAÇÕES DA MOLÉCULA DE ETANOL.....	64
FIGURA 10: REAGENTES DA COMBUSTÃO: METANO E OXIGÊNIO.....	66
FIGURA 11: PRODUTOS DA COMBUSTÃO: ÁGUA E DIÓXIDO DE CARBONO.....	66
FIGURA 12: ATIVIDADE DIAGNÓSTICA.....	68
FIGURA 13: PRODUÇÃO DE JORNAL CIENTÍFICO.....	72
FIGURA 14: REPRESENTAÇÃO DA COMBUSTÃO.....	74
FIGURA 15: REPRESENTAÇÃO DA MOLÉCULA EM TRAÇOS.....	75

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
CAPÍTULO I SEMIÓTICA PEIRCIANA E LINGUAGEM REPRESENTACIONAL EM QUÍMICA	15
1.1 SEMIÓTICA QUÍMICA E A CONTRIBUIÇÃO PEIRCIANA	15
1.1.1 <i>Charles Sanders Peirce e a Química</i>	15
1.1.1.1 Experiência em laboratório e pragmatismo.	15
1.1.1.2 Diagramatologia Peirciana e a química.....	16
1.1.2 <i>O desenvolvimento da semiótica química</i>	19
1.1.3 <i>Semiótica química integrada à Educação Química</i>	20
1.1.4 <i>As representações e o ensino de química orgânica</i>	25
1.1.5 <i>Os desafios no ensino das representações químicas</i>	27
1.2 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA LINGUAGEM QUÍMICA	30
1.2.1 <i>As representações dos alquimistas e dos artesões</i>	31
1.2.2 <i>A Reforma De Lavoisier</i>	32
1.2.3 <i>As representações de Berzelius e Couper</i>	33
1.2.3 <i>As representações de Werner e Smith</i>	34
1.2.4 <i>As representações no nível computacional</i>	35
1.3 UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE MOLVIEW EM NO ENSINO DA QUÍMICA	36
CAPÍTULO 2: JUÍZOS, INFERÊNCIAS E RACIOCÍNIOS QUÍMICOS	41
2.1 TRANSIÇÃO NO ENSINO E NA PESQUISA: AUSÊNCIA NA LITERATURA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA.....	41
2.2 RACIOCÍNIO ABDUTIVO: AINDA POUCO CODIFICADO NO ENSINO E NA PESQUISA EM QUÍMICA.....	44
2.3 AFFORDANCE NO ENSINO E PESQUISA EM QUÍMICA	50
2.4 INTEGRAÇÃO DOS JUÍZOS QUÍMICOS NA LITERATURA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA.....	54
CAPÍTULO 3 JUÍZOS QUÍMICOS E SEMIÓTICA QUÍMICA NA SALA DE AULA	56
3.1 PRINCÍPIOS METODOLÓGICOS.....	56
3.2 JUÍZOS QUÍMICOS E REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS QUÍMICAS NA SALA DE AULA	58
3.2.1 <i>Descrição da sequência didática</i>	59
3.2.2 <i>Integrando os diversos recurso modais, semióticos e representacionais</i>	67
3.2.3 <i>Produzindo jornal científico pela integração dos juízos químicos e semiótica química</i>	71
3.3 LINHAS HIPOTÉTICAS	77
3.3.1 <i>Importância da integração dos recursos multimodais</i>	78
3.3.2 <i>Importância do software Molview e a visualização de moléculas</i>	78
3.3.3 <i>Interdisciplinaridade com a Biologia</i>	79
3.3.4 <i>Recursos semióticos (icônicos, indiciais e simbólicos) melhoram a aprendizagem química</i>	79
BIBLIOGRAFIA	83
ANEXOS	86

INTRODUÇÃO

O presente trabalho investiga uma sequência didática a partir do conteúdo de química orgânica para os alunos do 3º ano do ensino médio por meio de metodologias ativas que procuram estabelecer uma relação dos conteúdos com a realidade dos alunos. Para isso, na disciplina de Química foram utilizadas diversas formas de representação da linguagem científica (softwares, imagens, desenhos, representações bola-vareta jornais, etc.).

Nessa pesquisa foi desenvolvida tendo como arcabouço teórico a Teoria da Semiótica ou Teoria Geral dos signos, buscando elucidar as questões de dificuldade de ensino e aprendizagem, propondo novas formas de comunicação e representações multimodais para que o estudante possa trilhar novos itinerários de aprendizagem e promover uma educação mais ativa, participativa e significativa.

O ensino de química tem se tornado, ao longo da história, um grande desafio por parte dos professores e ao mesmo tempo uma angústia presente na realidade dos alunos. Na visão dos alunos, a disciplina ganhou o *status* e o estereótipo de uma ciência complexa, insondável, indecifrável, pautada na memorização, em equações, fórmulas, nomenclaturas pouco usuais para a vivência cotidiana. O que se pode constatar na experiência em docência é que a química muitas vezes é ministrada de forma descontextualiza, acrítica, sem que os estudantes sejam convidados a refletir e sem conexão com a realidade social, nem com aspectos mais profundos de sua natureza histórica e filosófica.

Os alunos externam sua insatisfação quando demonstram desmotivação, argumentando que estudar química não faz nenhum sentido para a sua vida. Ao mesmo tempo, é notório o fracasso quando se olha para o rendimento dos alunos nos processos avaliativos, tanto internos quanto externos. Os dados estatísticos abaixo apresentados refletem esta realidade:

Conforme os resultados divulgados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP, das quatro áreas avaliadas, as ciências da natureza apresentaram uma redução na nota média durante as três edições anteriores. No ano de 2017, sua nota correspondeu a 510,6; no ano seguinte, 2018, alcançou 493,8. Analisando esses dois anos, ocorreu uma redução expressiva, com uma diferença de 16,8 pontos entre as notas. No ano de 2019 atingiu

a nota de 477,8, comparando essa com a de 2018, foi identificada uma redução, com a diferença de 16 pontos.” (XAVIER, QUINTELA, JUNIOR e PIRES, 2021, p. 2).

Como professores, temos percebido que é muito comum dos alunos não demonstrarem interesse em seguir carreira na área das ciências da natureza. Por outro lado, tem sido para o professor uma jornada desafiadora em sua carreira encontrar ou utilizar metodologias de ensino para que os alunos possam despertar o interesse em aprender química.

Diante desta situação, se faz necessário refletir sobre quais os motivos que levam o aluno a ter dificuldades em aprendizagem em química e apontar alternativas que possam fazer com que a disciplina seja entendida como um conjunto de conhecimentos para desenvolver intelectualmente o aluno. Este esforço intelectual por sua vez, deve servir de referência para compreender um universo infinitamente pequeno (estruturas atômicas) que não pode ser visto, mas imaginado, servindo assim de base para entender o mundo cotidiano, o observável. A química precisa ser abordada com uma base científica voltada para a vida, para a apreensão de seus aspectos macroscópicos, microscópicos, representacionais, garantindo aquisição de conhecimentos que permitam ao estudante desenvolver um olhar crítico, reflexivo sobre a natureza e uma postura de protagonista diante dos dilemas sociais.

Um dos aspectos que podem ser identificados como obstáculo cognitivo diz respeito às formas de representação que são utilizados na compreensão das ciências da natureza. A química nesse sentido apresenta sua própria forma de representação, ou seja, apresenta uma linguagem com características próprias que foram desenvolvidas para facilitar entendimentos. Para isso, se utiliza de fórmulas, equações, nomenclaturas e representações estruturais, espaciais e outras formas de linguagem.

O professor necessita, neste sentido, desenvolver a habilidade e competência necessárias para promover um processo educativo que permita inter-relacionar os conteúdos de química com modelos que contemplem não só aspectos puramente conceituais, mas também representacionais.

O documento oficial da BNCC (Base Nacional Comum Curricular) destaca a importância de trabalhar a linguagem científica na aprendizagem em química. Neste aspecto o documento aponta para:

Diante da diversidade dos usos e da divulgação do conhecimento científico e tecnológico na sociedade contemporânea, torna-se fundamental a apropriação, por parte dos estudantes, de linguagens específicas da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Aprender tais linguagens, por meio de seus códigos, símbolos, nomenclaturas e gêneros textuais, é parte do processo de letramento científico necessário a todo cidadão. (BRASIL, 2018, p. 551)

A BNCC ainda faz menção à necessidade de trabalhar o processo educacional utilizando de diversos recursos de linguagem para compreensão dos fenômenos científicos. Assim faz-se necessário:

Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo. (BRASIL, 2018, p. 9)

Ensinar química não se resume somente a aplicar uma sequência didática que prioriza a memorização de conceitos, aplicação de fórmulas, domínio de nomenclaturas e exercício sequencias para a obtenção de resultados definidos. A química muitas vezes é definida generalizadamente com ciência “exata”, quando na verdade se trata de uma ciência da natureza, ou seja, ela representa uma forma de conhecimento que engloba a matéria, a energia e suas transformações. Deve ser compreendida como a ciência que apresenta uma relação profunda com aspectos socioculturais e com os fenômenos que fazem parte deles. As transformações que acontecem na natureza e na matéria não podem ser percebidas diretamente, mas se constituem em manifestações que interferem em nossa vida. Diante disto, as simbologias e representações servem de instrumento de mediação para compreensão das dinâmicas da natureza. É importante saber trabalhar com estas representações para que o indivíduo entenda os processos que se sucedem no nível microscópico e submicroscópico.

Para compreender melhor as representações químicas, no valemos da obra de Charles Sanders Peirce, o qual desenvolveu a semiótica, influenciado pela química. A semiótica pode ser compreendida como a ciência das linguagens e representações. Charles Sanders Peirce (2005) desenvolveu ao longo de sua vida um estudo sistemático sobre semiótica e trouxe contribuições notáveis para o processo de

aquisição do conhecimento das ciências e apreensão dos fenômenos. Neste sentido este projeto procura fazer uma inter-relação entre química e semiótica, buscando compreender como as formas de representação podem contribuir para diagnosticar e refletir sobre os obstáculos epistemológicos que levam a dificuldades na aprendizagem em química.

A partir deste estudo, propõe-se a utilização de metodologias ativas em sala de aula que permitam trabalhar o conteúdo de química de forma dinâmica, dando ênfase aos modelos de representação, construindo novas abordagens que levem em consideração itinerários didáticos diversificados.

Pode-se trabalhar a disciplina desenvolvendo modalidades de comunicação através de imagens, gráficos, desenhos, jogos, softwares e ferramentas de bola-vareta. Além do mais, como forma de representação semiótica dinâmica, pode utilizar os processos de experimento, permitindo que o aprendizado possa se desenvolver de forma dinâmica, prática e interativa. Baseados na semiótica social, Quadros e Giordan (2019) propõem que:

Para que a comunicação entre as pessoas seja eficiente, a linguagem oral e /ou escrita nem sempre é suficiente. Com isso, outros modos de comunicação são usados para que a mensagem seja entendida, em função dos interesses de quem comunica. (QUADROS e GIORDAN, 2019, pág. 76)

Pensar a química a partir da semiótica se constitui em um desafio para que ensino de química faça sentido para o aluno. Significa propor concepções de conhecimento, tornando o ensino de química contextualizado, integrado e motivador. Permite que o aluno saia da condição de passividade, colocando-o como protagonista do processo de aprendizagem, tornando-o como cidadão crítico, participativo, capaz de propor alternativas para a solução de problemas do cotidiano.

Logo, este trabalho pretende analisar de que forma os modelos representacionais semióticos podem contribuir para o processo de ensino e aprendizagem em química. Pretende, também desenvolver o processo de ensino e aprendizagem utilizando recursos multimodais para desenvolver a comunicação na disciplina química. Com isso, desenvolver uma sequência didática em química que possibilite aplicar metodologias ativas que contribuam no processo de ensino e aprendizagem. Como última meta, este trabalho Avalia de que forma os modelos

representacionais contribuem para melhoria do aprendizado dos conceitos de química.

No capítulo 1 exploramos a contribuição de Peirce para compreender a linguagem representacional da química, bem como fazemos uma revisão histórica a cerca da constituição da linguagem química. No capítulo 2 exploramos e defendemos que, devido a características epistemológicas da química, bem como da linguagem química, o contexto de pesquisa e ensino da química desenvolve modos de inferências e juízos específicos e pouco catalogados. No capítulo 3 exploramos a linguagem representacional, a semiótica e os juízos químicos em uma sequência didática.

Capítulo I Semiótica Peirciana e linguagem representacional em Química

Neste capítulo buscamos problematizar a semiótica peirciana e a linguagem representacional. A literatura mostra que a Química exerceu enorme influência no pensamento de Peirce. Esse pensamento, por sua vez, contribuiu com a construção de marcos teóricos, no desenvolvimento do pensamento humano, notadamente na formulação da corrente do pensamento pragmático e na teoria semiótica. Aqui exploramos além da semiótica peirciana, também a história da linguagem representacional da química.

1.1 Semiótica química e a contribuição Peirciana

1.1.1 Charles Sanders Peirce e a Química

Charles Sanders Peirce foi um importante pensador americano que durante o final do século XIX trouxe importantes contribuições no campo da filosofia, da lógica e da semiótica. O seu vasto conhecimento, o confere a posição de um polímata, visto que ele se dedicou no estudo de áreas diversas tais como psicologia, matemática, geodésia, linguística, dentre tantos outros campos. É considerado o principal representante da corrente de pensamento denominada pragmatismo, tendência filosófica surgida no final do século XIX nos Estados Unidos. Na área da química sofreu grande influência dos trabalhos desenvolvidos por Dimitri Ivanovic Mendeleev. As noções de diagramaticidade, relacionalidade, o pensamento abduutivo e o pragmatismo químico são contribuições de Peirce ao pensamento humano que tiveram origem na sua formação com a química.

1.1.1.1 Experiência em laboratório e pragmatismo.

Charles Sanders Peirce foi muito influenciado na família a seguir a carreira acadêmica, fato este constatado, pois ele passou a ter contato com laboratório desde

a sua infância. Este acontecimento foi crucial para influenciar na forma como Peirce cristalizou as suas concepções filosóficas e científicas. Pode-se dizer que as atividades laboratoriais desenvolveram a percepção de Peirce no campo da lógica e a lógica da ciência. As atividades práticas por sua vez direcionaram Peirce na utilização do método hipotético-dedutivo como critério de investigação científica (SEIBERT, 2001). De modo geral as atividades de laboratório moldaram-no tanto a forma de pensar, como agir no campo do conhecimento científico e filosófico.

Cabe aqui nesse tópico fazer uma breve explanação sobre a corrente filosófica denominada pragmatismo. O pragmatismo se envereda por discussões acerca de conceitos tais como crenças, hábitos, métodos e ações. Pode-se dizer que na concepção de Peirce que o método pragmático pretende refletir sobre o significado das palavras, e não propriamente a verdade de suas proposições (SEIBERT, 2001).

O pragmatismo em suas linhas gerais, buscar estabelecer uma relação entre teoria e prática. É um método que não se restringe a meras especulações metafísicas. Em outros termos, o pragmatismo concebe a máxima de que o significado de qualquer conceito se refere à soma total de suas consequências práticas concebíveis (PEIRCE, 2005). Portanto é uma concepção filosófica que não se restringe apenas a meras especulações metafísicas. Diante desta linha de pensamento o significado de qualquer termo está atrelado à totalidade das possíveis consequências do processo de experiência.

1.1.1.2 Diagramatologia Peirciana e a química

Charles Sanders Peirce aprofundou os seus conhecimentos no campo da semiótica. Para isso se valeu da orquestração de categorias de análise estruturando o seu pensamento em um encadeamento lógico de termos, procurando compreender signos enquanto processos comunicativos e de significação da realidade. Cabe aqui destacar o conceito de diagramaticidade, muito importante, sobretudo do desenvolvimento da linguagem química.

Para se desenvolver o processo de comunicação nas ciências, o uso da linguagem verbal nem sempre se faz suficiente. É necessário utilizar outros recursos tais como gráficos, tabelas, esquemas e estruturas pictóricas para transmitir um

raciocínio. Estes recursos podem ser entendidos como diagramas e são essenciais ao trabalhar os conceitos de química.

Em linhas gerais entende-se que o papel dos diagramas é evidenciar as relações entre conceitos, sendo assim ferramenta importante para: tornar ideias abstratas mais concretas, integrar informações e facilitar o acesso a elas. (ROZENTALSKI E PORTO, 2018; RIBEIRO, 2014)

Um diagrama pode ser definido como uma associação entre elementos expressa por meio de relações. O objeto do diagrama é sempre uma relação, e as partes relacionadas do diagrama representam as relações que constituem o objeto representado. Um diagrama tem a característica de ser: expressivo, representativo, operativo, explicativo, descritivo e heurístico. Os químicos o empregam para visualizar metas de investigação, verificar a composição e estrutura e os objetos sintetizados. (RIBEIRO, 2014).

Com os avanços científicos no campo da química, a descoberta de novos materiais, reações e processos químicos se faz necessário uma linguagem que dê contas de comunicar e expressar esses processos. Portanto, os avanços acarretam na redefinição de signos mais eficazes para representar os objetos. O que se torna claro nesse contexto é o desenvolvimento de uma potencialização de uma dimensão cognitiva da química, e a manifestação de uma linguagem, enquanto instrumento cognitivo, cada vez mais desenvolvido e mais presentes nos processos da atividade química, daí decorre a consolidação de uma linguagem química com características topológicas e diagramáticas.

Como consequência no âmbito das epistemologias a química se aproxima da filosofia e da didática da química (RIBEIRO, 2014). Os diagramas se caracterizam por sua natureza complementar à linguagem puramente textual, tornando-se um recurso que garante flexibilidade perante as representações orais e escritas. Peirce (2005) no seu tratado sobre semiótica, fez um estudo aprofundado sobre diagramas, buscando correlacioná-lo com o conceito de ícone. Assim ele diz:

todo raciocínio necessário, sem exceção, é diagramático. Isto é, construímos um ícone de nosso estado de coisas hipotético e passamos a observá-lo. Esta observação leva-nos a suspeitar que algo é verdadeiro, algo que podemos ou não ser capazes de formular com precisão, e passamos a indagar se é ou não verdadeiro. (PEIRCE, 2005, pág. 216)

Os diagramas se constituem em instrumentos poderosos para o desenvolvimento do campo da linguagem científica. Um diagrama caracteriza-se pela criação de uma linguagem específica para se comunicar, mas que também serve como ferramenta heurística e de explicação. A diagramaticidade é uma dimensão cognitiva, epistemológica e pedagógica com autonomia na química (RIBEIRO, 2014).

Na área da química há um entrelaçamento significativo entre os processos empíricos e as convenções estabelecidas no plano teórico. Logo a química se sobressai nas demais áreas das ciências humanas no quesito do aspecto representacional.

Em nenhuma outra área do conhecimento ocorreu essa convergência de informações empíricas e convencionais de maneira tão pronunciada. O objeto molecular dos químicos é uma quimera epistemológica, pois junta, numa mesma escrita, dados e propostas. Acreditamos que nesse aspecto, ou seja, de que nas representações químicas as informações empíricas e convencionais estejam grafadas de maneira amalgamada e ingênua, a química apresenta um diferencial em relação às outras áreas de conhecimento, mesmo as mais próximas. [...] Não é esse o caso da matemática, por exemplo, que é convenção pura, nem da física, que não precisa inventar a maioria de suas representações para usar como objeto de pesquisa, já que preferiu descrições matemáticas para grande parte dos seus objetos. Nem na biologia, que não precisa criar entidades que agregam informações empíricas e propostas teóricas em grande parte de suas investigações, já que muitos de seus objetos de pesquisa são visíveis a olho nu ou ao microscópico. As representações certamente são mais importantes para a química em comparação a outras áreas, porque em nenhuma outra área das ciências da natureza há essa necessidade de criar entidades quiméricas de teoria e dados, com o objetivo explícito de serem usadas tanto como ferramentas quanto como objeto de investigação. (SILVA, 2012, pág. 32)

A dimensão diagramática se torna um importante conceito para compreender as ideias de Peirce. Mas também é uma categoria para compreender a química enquanto ciência que se apoia na representação. Na dimensão educacional, pode ser concebido como instrumento de aprendizagem. Compreender os aspectos diagramáticos da química, implicar em compreender a estruturação de sua linguagem e identificar como ela pode potencializar o ensino de química.

1.1.2 O desenvolvimento da semiótica química

Ao longo da história, as ciências foram se consolidando como forma de conhecimento, delimitando o seu objeto de estudo, sua metodologia, construindo o arcabouço teórico, as categorias de análise, e como consequência, estruturando uma linguagem própria. Neste aspecto, quando se faz referência à química enquanto ciência e disciplina de aprendizagem, deve-se pensá-la como forma de conhecimento com sua linguagem específica.

A partir do século XVII, os químicos passaram a utilizar de uma linguagem própria e sistematizada, pois, estavam determinados a promover uma reforma na ciência química, visando pensar o mundo por meio do conhecimento químico. (GONZALEZ e SILVA, 2017).

A semiótica neste sentido pode trazer contribuições para compreensão da química no âmbito do ensino. Diante do que foi colocado acima, cabe fazer uma breve explicação sobre o significado da teoria dos signos ou semiótica. A semiótica pode ser compreendida como a teoria geral dos signos ou teoria geral das representações.

A teoria dos signos desenvolvida por Peirce (2005) contribui significativamente para elucidar questões ligadas às dificuldades de aprendizagem em química, propondo alternativas metodológicas e recursos didáticos para superar obstáculos que impedem a apreensão dos conceitos nas áreas das ciências da natureza.

Na concepção Peirceana, o signo é aquilo que representa algo para alguém, ocupando o lugar de alguma outra coisa, em lugar do ente em si, ou seja, só se percebe aquilo que se está capacitado a interpretar. Entende-se, com efeito, a importância do signo no processo de compreensão da realidade que nos cerca, nos fenômenos que são percebidos pelos sentidos, visto que as representações têm o papel de mediar os objetos enquanto aspectos da realidade que não podem ser vistos na sua dimensão concreta, imediata e tangível. Como afirma Romanini:

Sua teoria geral dos signos, ou semiótica, foi desenvolvida como uma tentativa de descobrir a lógica que fundamenta as nossas concepções do real e como o conhecimento cresce a partir do compartilhamento e

debate de opiniões no interior de uma comunidade. [...]. “A partir de 1905, Peirce passou a considerar o signo como o meio para a transmissão das formas que fundamentam os conceitos e a comunicação como a mais elevada dos vários tipos de ação do signo. (ROMANINI, 2016, pg. 13).

Quanto se faz menção ao conceito de signo, o seu significado não pode se restringir somente a linguagem escrita ou verbal, mas deve-se englobar todo o tipo de recurso que se utiliza para o processo de comunicação. Os signos envolvem a utilização das variadas formas de comunicação que são percebidos pelos sentidos (imagens, gestos, sons, cheiros, o olhar, etc.). Através destes, podemos fazer a leitura do mundo e apreender a realidade. Logo, se entende que a semiótica enquanto ciência representa a essência da comunicação.

Compreender como se configuram as múltiplas linguagens, significa aprofundar nas mediações entre o objeto e o sujeito, interpretar como se consolida a aquisição do conhecimento e de que forma se desenvolve o processo de aprendizagem. A semiótica Peirceana contribui para formulação de um referencial teórico que propicia a compreensão, discussão, reformulações metodológicas das questões ligadas à representação presentes nos conteúdos de química.

1.1.3 Semiótica química integrada à Educação Química

As reflexões acerca da semiótica permitem diagnosticar as dificuldades que estudantes, tanto no nível básico como superior, apresentam na apropriação dos significados representacionais. Os estudos desenvolvidos por Wartha e Rezende (2015) demonstram que as dificuldades de ensino e aprendizagem em química orgânica se devem não apenas a dimensão conceitual, mas, sobretudo a aspectos ligados aos modelos representacionais.

Os professores de química procuram trabalhar a disciplina enfocando aspectos lógico-matemáticos sem se atentar para as diversas formas de representação e os recursos visuais. Como enfatizam Wartha e Rezende (2015), a partir desta visão acaba se consolidando entre os professores a concepção de que os recursos visuais (imagens, figuras e diagramas) são apenas ferramentas de caráter ilustrativo.

A abordagem de Peirce explana os conceitos semióticos sob a dimensão do que é denominado por tríades, ou seja, autor elenca as formas de apreensão da realidade a partir de classificações que envolvem três conceitos básicos que formam uma triangulação conceitual.

Para início de compreensão sobre semiótica cabe destacar três conceitos básicos: signo, objeto e interpretante. O signo pode ser entendido como tudo que representa algo para alguém. Os símbolos, a escrita e a oralidade neste aspecto estão no lugar do objeto que é representado. O objeto por sua vez é o segundo conceito que é representado existindo concretamente ou não. (GOIS e GIORDAN, 2007). De modo geral, podemos dizer que os entes químicos são os objetos que existem na natureza e são representados por signos que são a linguagem própria da química. O signo é, neste aspecto, fator de mediação para o sujeito que apreende os objetos e fenômenos químicos.

O signo por sua vez produz no intelecto do indivíduo um novo signo equivalente ou mais bem elaborado denominado interpretante. Esse interpretante por sua vez se articula como os conhecimentos prévios do indivíduo denominados construtos teóricos. (GOIS e GIORDAN, 2007). Podemos dizer que a apreensão dos fenômenos se utiliza da linguagem (signos) em um processo dinâmico em que a percepção do objeto produz novas semioses (interpretante) em uma construção infinita de signos.

Uma tricotomia muito importante se refere aos conceitos de símbolos, índices e ícones. Como esclarece Romanini (20016):

Num importante texto sobre a álgebra da lógica, de 1885, Peirce fez a ponte entre sua descoberta dos quantificadores lógicos e sua semiótica, afirmando que uma notação lógica completa deveria possuir signos gerais ou convencionais (símbolos), quantificadores ou seletivos da mesma espécie que os pronomes demonstrativos (índices) e signos de semelhança (ícones). Os índices deixavam de ser coadjuvantes no processo do conhecimento e da representação". (ROMANINI, 2016, pg. 35).

Os símbolos estabelecem uma relação convencional com objeto. O símbolo é definido com uma regra estabelecida para um determinado grupo ou comunidade. Como exemplo pode-se falar das palavras do alfabeto ou as representações e códigos de trânsito. As representações convencionais na tabela periódica podem ser classificadas, a partir dessa definição, como símbolos. Os índices dizem respeito à

relação de proximidade com o objeto. Estabelecem uma relação de causa de efeito. Como exemplos têm-se as pegadas na areia que indicam que alguém passou por aquele lugar.

Na química analítica, por exemplo, os índices podem ser caracterizados pela coloração que as substâncias adquirem quando submetidos por indicadores de ácido-base. Os ícones por sua vez apresentam uma relação de semelhança com o objeto. Os modelos atômicos são, por exemplo, representações que procuram estabelecer uma relação de semelhança entre a dimensão macroscópica e submicroscópica. (GOIS e GIORDAN, 2007).

Outra tríade importante destacada por Peirce diz respeito aos conceitos de primeiridade, secundidade e terceiridade. Estas categorias fundamentais explicam a forma como o indivíduo apreende o fenômeno analisado. Na perspectiva da Semiótica Peirceana, a imagem não é construída pelo sujeito, ela é percebida, relacionada, para permitir a construção de um novo signo e, nesse caso, a apreensão do conceito. Para que o signo seja capaz de mediar o processo de produção de significados (interpretantes) aceitos por determinada comunidade científica, é preciso considerar os fatores relacionados ao intérprete (estudante): conhecimento dos conteúdos (perceber/ primeiridade), regras e habilidade para estabelecer relações entre signo-referente e signo-interpretante (relacionar/secundidade) para poder atribuir significados (conceituar/terceiridade). (WARTHA E REZENDE, 2015).

Como se pode compreender a partir do que foi exposto acima, aprender química é associá-la em uma linguagem representacional que engloba as tríades Peircianas. Os signos resultam, neste sentido, como elementos mediadores entre a dimensão macroscópica e a submicroscópica, entre o observável e o inobservável. “Em poucas palavras, pode-se dizer que aprender Química é aprender uma nova linguagem, associada a uma nova forma de pensar o mundo.” (WARTHA E REZENDE, 2015, p. 34).

Assim, a dimensão material visível e não visível se torna objeto de estudo da química na medida em que procura descrever, explicar, reproduzir, prever os fenômenos, elaborar modelos teóricos, fazendo uso de uma linguagem apropriada e compartilhada em uma comunidade acadêmica. Esta linguagem se manifesta na representação de simbologias e terminologias, expressas através dos conceitos de substância, misturas, matéria e elementos químicos. Também se traduzem na forma

de símbolos químicos, fórmulas empíricas, mínimas, moleculares e equações químicas. (GONZALEZ e SILVA, 2017).

A química apresenta um grau de complexidade na medida em que se caracteriza por explicações a nível abstrato, descrevendo os fenômenos não visíveis, que podem ser deduzidos por experimentações ou observações e apreendido por teorizações. Logo o seu caráter científico está permeado de constituintes representacionais, o que leva a concluir que não se pode dissociar a ciência dos signos. Laburu e Silva (2011) apontam que:

Em especial, o pensamento científico é inseparável de simbolismos que lhe são próprios e que são usados para representar as ideias por detrás dos princípios e grandezas formadoras dos blocos constituintes das leis e teorias envolvidas com os fenômenos naturais e seus objetos. A linguagem científica implica numa gama variada e integrada de representações simbólicas, sendo que aí se localiza a força desse tipo de pensamento. (LABURU e SILVA, 2017, pag. 7).

Faz-se importante, nesse aspecto, que seja desenvolvido mecanismo pedagógico educacional e didático que aproxime o universo acadêmico e científico da realidade do educando, garantindo que este se familiarize com a linguagem da química. O professor se torna a figura importante para promover a apropriação por parte do aluno da linguagem científica na sala de aula e fazer o intercâmbio com a realidade cotidiana dos estudantes.

O pressuposto para que haja essa articulação consiste em saber se apropriar, utilizar, desenvolver e construir os elementos semióticos. O professor pode auxiliar no desenvolvimento da apropriação da linguagem, da construção do discurso científico e o aluno faz parte também da comunidade discursiva, desenvolvendo habilidades e competências para compreender a simbologia particular da química. Como alertam Gonzalez e Silva (2017):

Nossa experiência como professor/a e pesquisador/a da área de ensino de química tem mostrado que ocorrem dificuldades de compreensão dos significados vinculados aos signos químicos utilizados no ensino médio e que este problema pode acompanhar os estudantes que ingressam nos cursos de química no nível superior, a exemplo da Licenciatura em Química. (GONZALEZ e SILVA, 2017, pag. 2)

Cabe destacar que dentro do campo da linguagem, o processo de experimentação laboratorial se constitui em um instrumento de grande importância para o desenvolvimento do ensino e aprendizagem.

A química, como forma de conhecimento construído a partir de processos empíricos, necessita que sua comunicação seja feita por meio de visualizações, estabelecendo uma conexão entre a dimensão abstrata e a realidade material e concreta. O espaço educacional se torna significativo quando propõe trabalhar baseado na perspectiva da multimodalidade, ou seja, pensar na combinação de vários recursos semióticos. Como esclarece Quadros (2020):

A multimodalidade está associada à comunicação e às representações. Quando se trata de sala de aula de Ciências ou mais especificamente de Química, a comunicação e os modos de representação se mostram primordiais, já que se trata de um entendimento de “entidades” químicas que não podem ser visualizadas. São átomos, elétrons, íons, moléculas, além de outras entidades submicroscópicas que formam o conjunto de entidades usadas para explicar a formação da matéria, as suas propriedades e como essa matéria se transforma ou é transformada. (QUADROS, 2020, pag. 17).

As metodologias ativas tendem a promover a experimentação, instigando os alunos, promovendo aula de caráter investigativo, colaborativo, reflexivo e, sobretudo motivador. Partindo de um trabalho colaborativo, fundamentado em pressupostos teóricos e conceituais é possível que se construa uma troca de significados entre professores e alunos, permitindo que os estudantes possam estabelecer novas relações conceituais e produzir distintos constructos semióticos. Quadros (2020) ainda enfatiza que:

Representações multimodais envolvem, portanto, a integração de mais de um modo para comunicar ideias relacionadas à Ciência por meio de diferentes representações. Como abordagem nas aulas de Ciências, o estudante é envolvido na proposição justificção/negociação, reelaboração de representações, assumindo um papel de protagonista na aula. (QUADROS, 2020, pag. 24)

Pensando nos aspectos da comunicação multimodal pode-se destacar o processo de ensino e aprendizagem pautado e aulas que se utilizam em experimentos. O desenvolvimento de atividades de laboratório em sala de aula deve ser entendido como mais uma modalidade de comunicação, promovendo a integração entre prática e teoria. Pode-se falar em uma práxis no ensino e aprendizagem, pois as práticas de experimentação promovem a simulação de problemas reais, produzindo reflexões contextualizadas, problematizando os conceitos científicos, permitindo que os estudantes façam inferências e reelaborem novas concepções teóricas.

1.1.4 As representações e o ensino de química orgânica

Ao longo da história, a química enquanto ciência procurou compreender os fenômenos da natureza, descrever a estrutura da matéria, desenvolver através de estudos teóricos e experimentais os fundamentos que regem a constituição dos compostos químicos e suas transformações. O longo processo de acúmulo de conhecimento e as dificuldades impostas no trajeto conduziram a um desenvolvimento de uma linguagem própria para a estruturação da química enquanto ciências.

Os desafios em elaborar signos que viessem simbolizar partículas submicroscópicas implicam na necessidade de explicar e analisar os fenômenos que não se pode apreender simplesmente na dimensão sensorial, mas sobretudo compreender o mundo invisível que é constituído por entes químicos abstratos. As analogias e metáforas, nesse contexto, se fazem importante enquanto recursos para consolidar os conceitos, estabelecer correlações e reelaborar construtos teóricos no aprendizado em química. O desafio da química implica, portanto, em estabelecer a correlação entre o universo submicroscópico, constituído por partículas elementares e a dimensão macroscópica que se manifesta à partir das propriedades das substâncias. Roque e Silva (2008) afirmam que:

Para estabelecer essa correlação o homem precisou criar uma linguagem para discutir o microcosmo, ou seja, os átomos, íons e moléculas. E toda linguagem, já nos ensinou Vigotski, desenvolve-se na mesma medida que as estruturas do pensamento evoluem do

concreto para o abstrato e vice-versa. A linguagem da Química descreve através de modelos, representados por fórmulas estruturais, equações, gráficos e figuras, as coisas do mundo como compreendidas pelo químico. (ROQUE E SILVA, 2008, pg. 921).

Sabe-se que o indivíduo quando não está familiarizado com a linguagem científica, tende a refletir a natureza baseando-se na percepção dos objetos na perspectiva do mundo sensível. Assim, o indivíduo pode descrever a natureza química apoiado nas sensações de gosto, cheiro ou textura. Tal reflexão pode conduzir na elaboração de concepções alternativas e ideias que se aproximam do senso comum, levando o observador a construir conceitos equivocados acerca da natureza que o cerca. No processo educacional, o professor encara o desafio de promover a alfabetização científica em que o estudante deve pensar de forma abstrata os entes químicos. O passo importante reside na capacidade de interpretar os signos utilizados na química e que são inerentes à sua própria natureza de explicar a realidade. Silva, diante deste fato propõe um caminho para superar estes obstáculos:

As Ciências Naturais, e a Química, em particular, fazem extensivo uso de modelos, ou seja, representações simplificadas ou idealizadas de um mundo real. Para estudar e entender a ciência química é necessário em primeiro lugar aprender essa linguagem. As dificuldades de aprendizagem da linguagem da química estão associadas à distinção em relação à linguagem comum, à sua especificidade quase hermética e, muito provavelmente, às dificuldades em se estabelecer as necessárias relações entre os entes químicos do mundo microscópico e do macroscópico. (ROQUE E SILVA, 2008, pg. 921).

Cabe destacar a importância da evolução da linguagem química enquanto possibilidade representar um vasto universo de compostos orgânicos e inorgânicos que no processo histórico são descobertos. Diante deste quadro e da descrição dos mesmos utilizando simbologias diferenciadas entre os cientistas, houve a necessidade por parte da comunidade científica promover uma padronização da linguagem química. Um passo importante foi o Congresso de Karlsruhe (1860), realizado na Alemanha, na tentativa de discutir questões de nomenclatura, notação e pesos atômicos. Embora o evento não estabelecesse um acordo definitivo sobre os temas, os esforços permitiram para que houvesse no futuro a consolidação da criação no futuro da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC).

O desenvolvimento das representações na química orgânica teve um papel significativo na elaboração das estruturas moleculares desde o século XIX, haja vista que, os as representações de fórmulas moleculares e estruturais são estavam sendo utilizadas antes mesmo das representações dos modelos atômicos. (ROQUE E SILVA, 2008)

Os avanços significativos no campo da química orgânica desde o século XIX tiveram impactos significativos na descoberta de novos compostos orgânicos e de um modo geral nos processos de síntese orgânica. Esteves avanços ocorrem concomitantes ao desenvolvimento de uma linguagem apropriada para simbolizar os compostos e a estruturação de um arcabouço teórico consistente.

Alguns autores inclusive estabelecem o ano de 1865 como o marco inicial do surgimento da química orgânica clássica. Notadamente os trabalhos de Kekulé sobre as estruturas de compostos aromáticos foram significativos no mesmo ano. Também em 1965, August Wihelm Von Hofmann (1818-1892), apresenta as suas estruturas moleculares utilizando madeira e metal. A composição da ferramenta utilizada pelo químico para representar as moléculas constituem de pequenas esferas de madeira coloridas que simbolizam os átomos e as varas de metal que representam as ligações químicas. Alguns autores da história e da filosofia consideram que esta representação constitui uma ferramenta impactante no campo da semiótica. (DANGELO, NETO E REZENDE, 2020)

Importante salientar que no mesmo período as estruturas eram apresentadas em uma perspectiva bidimensional. Entretanto as descobertas de Pausteur do desvio do plano da luz polarizada provocada pelo ácido tartárico e a forma tetraédrica proposta para o átomo de carbono por van't Hoff e Le Bell, impuseram para a química, desenvolver estruturas no plano tridimensional. As demandas históricas impulsionam o desenvolvimento de novos signos que são criados, modificados, aperfeiçoados e tornando a linguagem química cada vez mais complexa e abrangente.

1.1.5 Os desafios no ensino das representações químicas

Entende-se que a química é uma área do conhecimento que estabelece uma profunda relação com as representações – Não há como dissociar a química da sua

representação. No campo da pesquisa científica, as representações contribuem para a identificação de substâncias químicas, os processos ligados às reações químicas e estruturas da arquitetura molecular. Na dimensão de ensino de química a linguagem química propicia discussão acerca dos fundamentos das práticas educacionais, organização e planejamento de propostas de sequências didáticas, estratégias de aprendizagem que possibilitam compreender os fenômenos químicos. “O termo representação esta relacionado com os objetos moleculares criados pelos químicos e continuam provocando reações distintas, como entusiasmo ou ceticismo, da mesma forma que a maioria dos conceitos epistemológicos chave”. (SILVA, 2012, p. 67)

Ao debruçar sobre a análise da linguagem em química constata-se a dificuldade que os estudantes apresentam em associar determinadas representações com os entes químicos envolvidos. No caso de algumas fórmulas moleculares, elas apresentam uma multiplicidade de significados como sua tridimensionalidade, ângulos de ligação e proporção dos constituintes atômicos.

Diante desta situação, deve existir um esforço por parte dos profissionais de educação no sentido de transpor um modo de representação para outro modo, de maneira que o estudante desenvolva as habilidades necessárias para dominar os conceitos científicos. Infelizmente tal processo não tem se tornado fácil e é muito comum que estudantes confundam aspectos de dimensão macroscópicos com níveis de natureza submicroscópicas.

É comum, por exemplo, associar as estruturas de bola varetas como representações fiéis dos entes moleculares. Neste caso, estudantes podem acreditar e consolidar a ideia de que as varetas são componentes integrantes da estrutura quando na verdade se trata de uma simbologia que corresponde ao compartilhamento dos elétrons. De modo geral os estudantes se limitam a compreender os fenômenos na dimensão exclusivamente sensorial, o que inibe a capacidade de abstrair os conceitos envolvidos e reelaborar os seus próprios construtos teóricos. Estes obstáculos na aprendizagem em química podem ser muito bem explanados por Silva (2012):

A despeito da importância de uma compreensão sobre aspectos de significação por parte dos professores, estes não têm recebido formação sobre o funcionamento da linguagem e de processos de significação, mesmo sabendo-se que vão trabalhar com a linguagem

falada e escrita em sala de aula, quando não exclusivamente. Acreditamos que aspectos filosóficos que envolvam o falar de forma significativa são relevantes para uma melhoria das práticas de ensino de ciências e de química de forma particular. (SILVA, 2012, pág. 9)

Partindo desta afirmação, é que se faz oportuno explorar reflexões no campo da teoria semiótica e também no âmbito pedagógico, para que se possa aprofundar nas representações em química e desenvolver propostas didáticas para aprendizagem dos conhecimentos científicos.

Ademais as discussões se ampliam quando em questão os desafios que são colocados no trabalho contínuo dos ambientes escolares. Silva (2012) destaca a questão das práticas educacionais que enfatizam a utilização mais acentuada da linguagem falada e escrita nas aulas de química em detrimento de outras modalidades que vão no quesito dos aspectos de atividade empírica, como por exemplo da utilização de laboratórios. A química faz o uso das palavras de forma distinta no que se refere às suas simbologias e a o mesmo tempo recorre a analogias para compreensão da natureza e entendimento da composição da matéria.

No decorrer deste processo é comum que o estudante faça confusões entre os signos e seus respectivos objetos. Neste percurso é comum que os mesmos apresentem dificuldades de visualização espacial e noções de propriedades químicas das moléculas em função da sua tridimensionalidade. Diante desta situação e da precariedade dos espaços escolares que não dispõe de laboratórios, recai sobre o professor e o aluno a dependência cada vez maior da utilização dos recursos linguísticos e menos de atividades de caráter empírico.

Outro desafio apontado por Silva (2012) diz respeito à valorização da categoria do professor que perpassa pela formação continuada, valorização salarial e investimento dos espaços escolares para que o professor possa desenvolver atividades didáticas mais inovadoras e interessantes para os estudantes. O processo se torna muito mais significativo na medida em que se procura articular os conhecimentos teóricos com atividades práticas. Estas duas dimensões são indissociáveis, e a sua interconexão se desenvolve mediante a uma práxis educacional. Cabe diante dos desafios expostos acima repensar a representação

como discussão importante no âmbito na filosofia e, sobretudo na filosofia em química para traçar proposta de um ensino que se torne mais significativo para o estudante.

1.2 Evolução Histórica da Linguagem Química

Para compreensão das representações químicas inserido no processo de ensino e aprendizagem, buscamos tratar do quadro evolutivo da linguagem química ao longo da história. A compreensão dos processos operatórios de utilização dos recursos simbólicos em química pode ser evocada desde os tempos dos alquimistas, sendo desenvolvido pelos artesões, passando pelas representações que contribuiriam para a evolução da química experimental a partir de Lavoisier e culminando nas representações computacionais que trouxeram avanços substanciais para as construções moleculares. Toda esta evolução permitiu que a linguagem química desenvolvesse uma estrutura de invariantes operatórias, facilitando a compreensão dos fenômenos químicos, e permitindo que os trabalhos de laboratório se desenvolvessem de forma mais dinâmica e prática. Deste modo, pode se afirmar que “a representação é o conjunto das formas de linguagem que permite representar simbolicamente o conceito, suas propriedades, as situações e os procedimentos de tratamento”. (NETO, RAUPP e MOREIRA, 2009)

A construção do pensamento científico implica na consolidação de uma linguagem e nesse aspecto a ciência evolui paralela a suas representações. Diante deste fato, compreende-se que as comunidades científicas procuraram se articular ao longo da história, consolidando-se na sistematização da linguagem, padronizando a comunicação e promovendo a uniformização das representações. Tal evolução consubstancia-se em uma linguagem universal que pode ser utilizada por especialistas na área das ciências, e como instrumento do processo de ensino e aprendizagem. (NETO, RAUPP e MOREIRA, 2009)

Os autores acima apresentados destacam pesquisadores que trouxeram contribuição para a teorização da linguagem como Levi Semionovitch Vygotsky, Robert Kozma e Gérard Vergnaud. Em particular, dando ênfase a este último autor, há uma importância na explicação na Teoria dos Campos conceituais. Por sua vez, essa

compreensão permite perceber a importância da linguagem no processo de ensino e aprendizagem. Como destacam os autores:

A representação simbólica não é apenas uma linguagem que permite a conceitualização, a representação simbólica deve representar o problema e deve ajudar os estudantes a resolver problemas que, sem o auxílio dessas representações não seria capaz de resolver”. [...] Vergnaud explica que, assim como há problemas mais facilmente resolvíveis do que outros, ou procedimentos mais fáceis do que outros haveria representações simbólicas mais potentes do que outras. Esta idéia é, para nós, a chave para se compreender a evolução das representações na Química, historicamente. (NETO, RAUPP e MOREIRA, 2009, pág.3)

O pensamento exposto acima demonstra a importância de compreender a evolução histórica das representações químicas que permitem reestruturar a linguagem científica. Tal evolução conduz ao objetivo de obter uma ação mais eficaz nos processos de experimentação, comunicar os procedimentos de forma mais transparente e construir ferramentas para que os estudantes possam apreender as concepções da química de maneira mais didática.

1.2.1 As representações dos alquimistas e dos artesões

As representações fazem parte da humanidade desde os tempos primitivos, uma vez que os povos antigos faziam desenhos, gravuras nas rochas, porém no âmbito da sistematização científica cabe destacar a elaboração de procedimentos, desenvolvimento de códigos e simbologias que foram desenvolvidos pelos alquimistas e trouxeram contribuições para a evolução da química. O alquimista, ao desenvolver suas técnicas de produção de materiais, associado com rituais místicos e religiosos, elaborou um tipo de linguagem hermética e de difícil acesso para os que não pertenciam ao seu círculo de estudo. Cabe enfatizar que esses procedimentos enigmáticos constituíam-se em situações problemas que faziam parte do ritual de inserção dos iniciados na comunidade. Como a alquimia estava vinculada a questões místicas e religiosas, grande parte dos símbolos e códigos estabeleciam correlações com planetas e demais astros. Alguns procedimentos como destilação, sublimação e fermentação apresentavam signos correspondentes a cada um destes procedimentos. Ademais, a linguagem alquímica, por apresentar esta construção

hermética e pouco padronizada, não propiciava entre os grupos uma uniformização e universalização de sua linguagem.

Em outros contextos, podemos destacar a linguagem desenvolvida pelos artesões que também trouxeram contribuições para as representações da química, ainda que de forma rudimentar. As suas construções simbólicas eram pautadas em aspectos pragmáticos e atrelados a relações sensoriais. Deste modo, as nomenclaturas dos materiais estavam condicionadas a propriedades físicas tais como cheiro, cores e sabores. A cor sendo a propriedade mais utilizada na nomenclatura, datando desde os egípcios que utilizavam palavras como hetch (branco) para prata e vatch (verde) para malaquita. (NETO, RAUPP e MOREIRA, 2009).

1.2.2 A Reforma De Lavoisier

A evolução da química ao longo da história possibilitou a descoberta de uma série de compostos orgânicos e inorgânicos. Tal fato levou a uma situação na qual não se percebia entre a comunidade científica uma uniformidade na linguagem química. As representações baseadas unicamente em aspectos sensoriais como era utilizado na época dos artesões não davam conta da nomeação dos múltiplos compostos que surgiam no decorrer da história. Ainda cabe destacar que dentro do contexto histórico a ciência evoluía substancialmente com a época denominada de Iluminismo Francês.

Cabe destacar nessa época a influência que Lavoisier trouxe para o desenvolvimento da química e na elaboração de seus modelos representacionais. A partir do livro *Méthode de Nomenclature Chimique*, escrito em 1787, “a proposta era de que a nomenclatura química fosse (re-)construída a partir dos constituintes de um determinado composto. Dessa forma, a ideia central da construção dessa nova representação era indicar como estes compostos são criados.” (NETO, RAUPP e MOREIRA, 2009).

Logo a ideia dos constituintes dos compostos químicos se torna a base para representação e elaboração dos seus signos. Todo processo de elaboração de uma linguagem científica se assenta nos procedimentos de constituição do material, sua análise e síntese e não mais em aspectos macroscópicos e sensoriais. Partindo de uma concepção que envolve a dimensão qualitativa e quantitativa, a química

desenvolve as estruturas dos seus signos e processos de comunicação alçando a linguagem científica da química em um status de abordagem universal e padronizada. Logo a linguagem química passa a ter uma representação lógica e matemática.

1.2.3 As representações de Berzelius e Couper

Berzelius trouxe contribuições significativas para representação em química. As notações propostas por ele simplificaram a simbologia e tornaram a linguagem química mais simplificada e dinâmica. Assim, substâncias como cloreto de sódio poderiam ser expresso por iniciais latinas como NaCl. A utilização de letras maiúsculas e minúsculas poderia estabelecer diferenças entre os elementos como Carbono (C) e cobalto (Co). A Utilização de numerações em subscrito como Cl₂, identificaria a proporção do elemento químico em um composto químico. Fazendo um comparativo com a linguagem de Lavoisier, que expressava as reações químicas a partir do nome dos elementos, a nomenclatura proposta por Berzelius apresentava um caráter mais sucinto e aproximava as representações em uma linguagem em nível matemático. (NETO, RAUPP e MOREIRA, 2009). Abaixo pode-se comparar a linguagem expressa pelos dois cientistas:

Lavoisier: zinco + ácido clorídrico = cloreto de zinco + hidrogênio

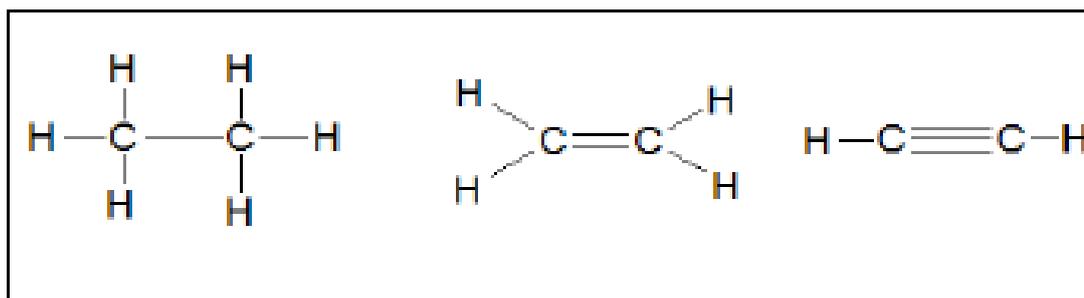
Berzelius: $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$

Assim a substituição do nome dos elementos químico por seus respectivos símbolos permite uma operacionalização mais eficiente das reações químicas introduzindo inclusive cálculos a nível estequiométrico. Em outras palavras:

As representações, portanto, agora operáveis, requeriam o desenvolvimento de novos invariantes operatórios, que, contudo, permitiam uma diminuição da carga cognitiva – por transferir operações internas para operações externas, diretamente na representação. (NETO, RAUPP e MOREIRA, 2009).

No que se refere à evolução da química orgânica, Couper trouxe contribuições importante nas representações moleculares, ao escrever as ligações covalentes por traços conforme é explicitado abaixo:

Figura 1: Estruturas de Couper



Fonte: Neto; Raupp; Moreira, (2009), pag. 7

Ao demonstrar as ligações por traços simples, duplos e triplos, Couper integra em suas representações a noção de valência do carbono e a resolução de situações-problemas em ligações químicas. É nesse contexto que surge a noção de fórmula estrutural plana, adicionando mais representações pictóricas que contribuem para desenvolvimento da linguagem química e a elaboração de modelos moleculares de fácil manipulação.

1.2.3 As representações de Werner e Smith

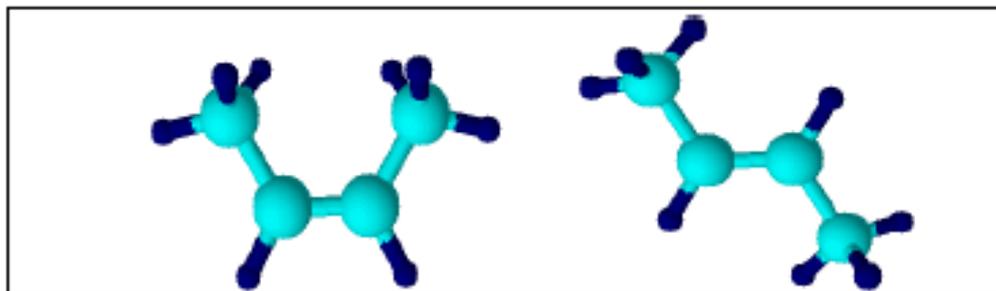
As situações-problemas que vão surgindo no decorrer das descobertas científicas exigem demandas de racionalização que simultaneamente enriquecem o aprofundamento na elaboração de signos mais operacionais. Assim as descobertas dos isômeros por Liebig e Wöhler permitiu introduzir a elaboração de explicação de reações químicas e suas propriedades partindo de sua estrutura geométrica. Partindo dos modelos já elaborados por Couper na configuração de fórmulas estruturais planas, Alfred Werner explicou os diferentes pontos de fusão de compostos que apresentavam a mesma fórmula molecular. (NETO, RAUPP e MOREIRA, 2009)

Pode-se perceber diante deste contexto, o processo evolutivo das concepções de química orgânica no que se refere ao conceito de isomeria e estereoquímica. Tais avanços só se tornariam possíveis com o desenvolvimento de representações, que se dão, não só no aspecto quantitativo/qualitativo, mas, sobretudo espacial. As representações geométricas desenvolvidas por Werner em 1890 propiciam uma facilitação na resolução de situações-problemas, garantindo informações estruturais, identificação de propriedades químicas diferenciadas em compostos orgânicos com fórmulas moleculares idênticas e permitindo compreender as fórmulas estruturais sob uma perspectiva tridimensional. Logo o conceito de isomeria evolui dentro da química orgânica, concomitante com a evolução da linguagem representacional. (NETO, RAUPP e MOREIRA, 2009)

1.2.4 As representações no nível computacional

A linguagem química avança de forma substancial na medida em que as estruturas moleculares passam a ser representadas não somente no papel, mas podem ser elaboradas em estrutura computacional. Aspectos da arquitetura molecular que antes eram difíceis de serem visualizados e assimilados no plano, agora podem ser apreendidos de forma mais dinâmica com a manipulação tridimensional, garantindo uma percepção mais apurada do aspecto espacial da sua composição. Tal fato permite que haja a possibilidade do estudante visualizar as representações químicas de forma mais dinâmica. O recurso tecnológico pode facilitar a visualização externa que será internalizada em sua elaboração cognitiva. Com este recurso, ele pode apreender aspectos sutis que não seriam captados na forma tradicional que é apresentada nos livros.

Figura 2: Representação molecular por computação



Fonte: Neto; Raupp; Moreira, (2009), pag. 10

Para os químicos pesquisadores, os modelos computacionais significam um avanço expressivo na elaboração de macromoléculas, processamento de informações, previsão de propriedades físico-químicas, sem a necessidade de realização de experimentos diretamente desenvolvidos em laboratórios de química. Ademais, as representações computacionais permitem a elaboração de banco de dados de compostos orgânicos e conduzem a uma capacidade de compreensão mais apurada dos compostos isoméricos e desenvolvimento de procedimento e resolução de situações problemas que incluam análises a nível intermolecular e intramolecular.

1.3 Utilização do Software Molview em no ensino da Química

O processo de educação no ensino nos dias atuais aponta para a utilização de recursos tecnológicos que potencializam as ferramentas didáticas e garantem uma melhor compreensão dos conteúdos. Com efeito, existem uma gama variada de tecnologias que estão à disposição na internet e podem ser utilizadas tanto para professores como para alunos: Podcasts, google meet, classroom, simuladores de experimentos de laboratórios e outros.

Na era da informação é imprescindível que os alunos possam se apropriar das tecnologias presentes, buscando novos caminhos de aprendizagem, garantindo oportunidades que dê acesso ao mundo da comunicação, despertando o interesse para o conhecimento de química, fomentando a alfabetização científica, estimulando

a criatividade e proporcionando uma visão mais ampla do saber científico que vai além de recursos didáticos triviais tais como o quadro, o livro e a aula expositiva.

Um dos aspectos que podem ser identificados como obstáculo cognitivo diz respeito às formas de representação que são utilizados na compreensão das ciências da natureza. A química apresenta sua própria forma de representação, ou seja, é concebida como ciência e disciplina dotada de uma linguagem peculiar que se expressa através de fórmulas, equações, nomenclaturas e representações pictóricas. O professor necessita à partir dessa demanda, desenvolver a habilidade e competência necessárias para promover um processo educativo que permita inter-relacionar os conteúdos de química com modelos que contemple não só aspectos puramente conceituais, mas também representacionais.

As ferramentas tecnológicas podem servir como suporte para desenvolver a linguagem química de forma mais dinâmica e interativa. Este trabalho pode ser desenvolvido, sobretudo na química orgânica onde as representações aparecem de forma mais significativa. Como aponta WARTHA e REZENDE (2015):

“a aprendizagem de conceitos da química orgânica não pode ser separada de como representá-los e do que significam. Toda palavra, figura, diagrama, equação ou simbolismo envolvido por detrás das ações e procedimentos, por exemplo, pertencem a um contexto que é parte de uma troca de significados. Estes significados são construídos e reconstruídos em um processo de semiose.” (WARTHA e REZENDE, 2015, pg. 62).

Diante do exposto, foi escolhida a ferramenta Molview (<https://molview.org/>) como recursos para o aprendizado em química orgânica, possibilitando desenvolver uma sequência didática para analisar as estruturas representacionais da química orgânica.

O Molview é um aplicativo da web de código aberto utilizado como recurso para desenvolver fórmulas estruturais e tridimensionais de química orgânica. É um software relativamente simples, on-line e sem que haja a necessidade de fazer download. Com uma interface intuitiva, permite o desenho de estruturas orgânicas sem que o estudante tenha um conhecimento profundo de informática. O programa foi desenvolvido em 2014 pelo holandês Herman Bergwerf, programador e formado em biotecnologia. Com esta tecnologia é possível fazer uma abordagem em química de forma mais interativa, dinâmica, permitindo uma visualização mais abrangente dos

compostos moleculares, desde moléculas mais simples como a água, até compostos mais complexos como estruturas de hemoglobina.

A plataforma, também é disponível em aplicativos para celular, é voltada para alunos, professores e pesquisadores. O grande empecilho é que este programa não apresenta uma versão em português, que exigem um conhecimento básico em língua inglesa. O software também apresenta um manual de instruções na língua inglesa.

No aplicativo Molview é possível desenvolver tanto estruturas em 2D como em 3D, de modo que se pode consultar os formatos da molécula, fazer edição, montar novas combinações e elaborar sua própria estrutura. A representação simultânea de modelos tridimensionais e fórmulas estruturais permite auxiliar na compreensão da relação entre as duas formas. O modelo 3D tem por padrão a rotação a partir do centro de massa, quando manipulado pelo usuário, permitindo uma visualização simples e intuitiva

No aplicativo também é possível visualizar estruturas como proteínas, enzimas, minerais e estruturas de RNA e DNA. O Programa tem uma função abrangente, tanto aspecto de modelagem de estrutura como fonte de pesquisa. É permitido o acesso de banco de dados científicos (PubChem, RCSB e Crystallography Open Database), incluindo composto bioquímicos, aspectos de espectroscopia e visualização interativas usando tecnologia WebG e HTML.

Este recurso permite a construção de fórmulas estruturais em bastão, fornecendo uma representação mais próxima da realidade, gerando ângulos de ligação, permitindo visualização tridimensional rotacionável, possibilitando que o estudante possa manipular, mover, esticar a ligação. Esta operacionalização permite que o aluno se aproxime da realidade molecular, possibilitando que este desenvolva um trabalho laborial, ainda que de forma virtual.

Cabe destacar que o programa apresenta algumas limitações: As moléculas inorgânicas simples não apresentam uma configuração estruturada de forma correta, limitando sua abrangência; ao mesmo tempo pode apresentar limitações em estudos de geometria molecular. Foi constatado também a construção do desenho incorreto do propadieno no modelo 3D. Outro aspecto que cabe mencionar, é que quando foi elaborado uma molécula de eteno com ligação tripla - o que contradiz com a noção de tetra valência do carbono - o programa aceitou a sua configuração como existente. Diante destas limitações, o programa não detecta possíveis erros na construção molecular. Tal aspecto aponta para necessidade e a noção de que processo de

aprendizagem requer o acompanhamento do professor ao utilizar as ferramentas operacionais.

A versatilidade do Molview está nas diversas ferramentas que podem ser utilizadas. O programa apresenta estruturas prontas de cadeias cíclicas, anéis aromáticos, linhas de cunhas, tracejadas, cunhas preenchidas, tabela periódica para pesquisa de determinado elemento químico e medidas angulares. Além do mais, o programa dispõe de recursos que identificam as regiões de polaridade: A região de polaridade negativa é representada pela cor vermelha e a regiões de polaridade positiva é representada pela cor azul. Há também a possibilidade de fazer as representações em suas diversas dimensões: A molécula pode ser representada por bolas, varetas, simplesmente varetas, formas de arames e até mesmo em estruturas de Van Der Waals. Este recurso confere níveis variados de representação que podem estar mais distantes ou mais próximos da realidade molecular.

Figura 3: Representação molecular no programa Molview

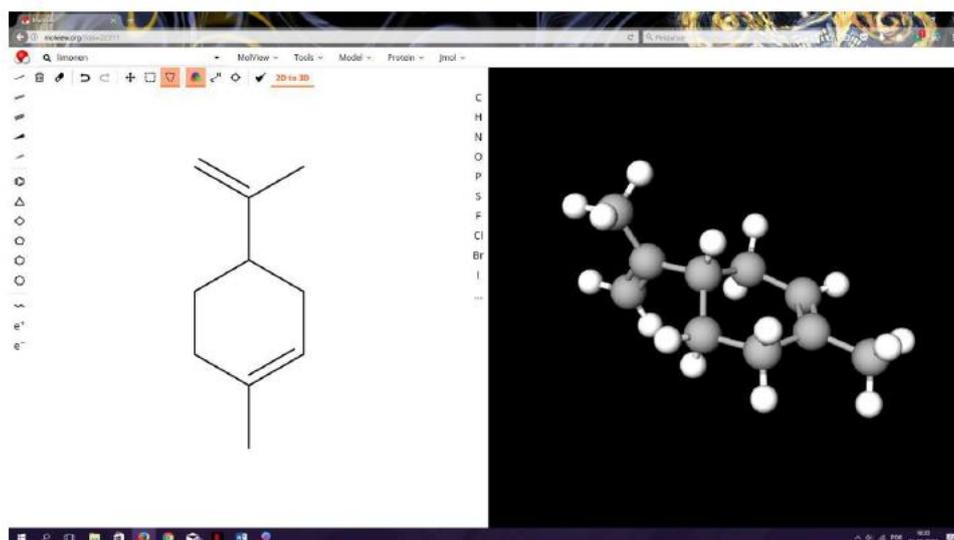


Figura 2 - Modelos 2D e 3D da molécula de (S)-limoneno no software MolView.

Fonte: <https://molview.org/>.

Partindo-se da abordagem acima sobre o Molview, é que se pretendeu trabalhar na aplicação na sequência didática, utilizando esta TIC como potencializadora do ensino e aprendizagem em química.

Levando-se em conta os objetivos expostos acima, o programa Molview se torna uma ferramenta estratégica para consolidar uma visão mais ampla de visualizar as moléculas orgânicas. Os alunos inicialmente poderiam fazer uma pesquisa sobre

determinado composto orgânicos, identificar as suas diversas formas de representação (fórmula estrutural ou condensada) e em seguida utilizar o Molview para representá-la em 2D e 3D. O aluno também poderá fazer uso das multifuncionalidades que o instrumento oferece, uma vez que ele poderá manusear em diferentes níveis, rotacionando e identificando a dimensão da estrutura da molécula em seus diversos ângulos.

Ainda é que o aluno crie suas próprias estruturas moleculares, prevendo possibilidade de estruturas de cadeias abertas, ramificadas, fechadas, aromáticas, com estruturas isoméricas e modelos quirais. Utilizando-se dos bancos de dados o estudante pode fazer pesquisas de estruturas mais complexas como proteínas e enzimas.

Ao pesquisar ou desenvolver suas próprias fórmulas moleculares, o estudante consegue salvar as imagens e produzir seu material de pesquisa que englobaria produção de textos sobre determinada função orgânica, apresentando as diversas multimodalidades diagramáticas que compreendem a linguagem química.

Espera-se, portanto, que com este trabalho o estudante desenvolva competências e habilidades, apropriando-se da linguagem química, tornando-o sujeito proativo na construção do conhecimento. Ao mesmo tempo almeja-se a possibilidade de que o discente possa fazer uso de forma significativa dos recursos tecnológicos, produzindo, inovando, trabalhando de forma interativa e criativa os mecanismos didáticos de aprendizagem na disciplina.

Capítulo 2: Juízos, inferências e raciocínios químicos

Neste capítulo iremos, como problematização da natureza da linguagem química, discutida anteriormente, refletir sobre um tema pouco analisado na literatura em Educação Química. Na literatura em Educação Química não encontramos referências à integração destes elementos teóricos, o que justifica nossa investigação. Acreditamos que o aprendizado de uma ciência, é, em boa medida operar com formas de inferências da ciência em questão. Por exemplo, apreender física é fazer estimativas espaciais, de velocidade, - e/ou de força de alguns fenômenos. Estimar o número de carros em um engarrafamento de uma cidade a outra, é uma inferência feita cotidianamente e responde a uma certa aprendizagem do uso da Física e da Matemática.

Neste sentido, quais os juízos químicos? Como caracterizá-los? Como eles operam? Como podem ser ensinados? Em nossa análise, principalmente oriunda da Filosofia da Química, encontramos e delimitamos alguns juízos: transição, *affordance* e abdução. Não significa que outras formas não existam, esta é uma pesquisa em aberto, e como discutimos acima, ainda pouco integrada a Educação Química. Nas sessões abaixo iremos fazer breves análises.

2.1 Transição no ensino e na pesquisa: ausência na literatura em Educação Química

A química buscar estabelecer as relações entre a dimensão macro e micro, inferindo a partir de estruturais submicroscópicas as propriedades da matéria. Logo, é importante fazer uma reflexão sobre o conceito de transição. Uma questão apontada por Tomasi é o problema da transição como o método de inferir propriedades de entidades observáveis a partir de inobserváveis. Para entendimento do conceito, Tomasi (1999):

Chama a atenção para técnicas de inferências de cientistas, especialmente transição, definido por Maurice Mandelbaum como —

deduzir propriedades de inobservável de entidades observáveis. Locke comentou: — Uma das mais fortes formas de transição tem sido utilizado para as teorias da matéria [...]. Foi só no século XIX que a transição foi amplamente aplicada com sucesso para o microcosmo, e em nenhum outro campo é tão forte do que na química. (TOMASI, 1999, apud, RIBEIRO, p. 171, 2014).

A transição é um conceito/juízo importante para ciência, mas ela adquire um significado especial para química na medida em que a ciência estabelece a relação entre imagem e realidade. No decorrer da história, a química desenvolveu-se e aperfeiçoou-se como ciência substancialmente, sobretudo com a evolução da Mecânica Quântica. Tal fato possibilitou que a química não se limitasse a compreender os fenômenos apenas na dimensão empírica, mas consolidou os pressupostos metodológicos apoiados nas especulações metafísicas e nas formulações à nível teórico (RIBEIRO, 2014).

Os filósofos e cientistas como Boyle e Newton ao tratar sobre a concepção do corpuscularismo, buscavam defender a ideia dos constituintes físicos na natureza sem contradizer a noção do experimento na compreensão dos fenômenos da natureza. (MANDELBAUN, 2019). Neste aspecto, é que se fundamenta o conceito de transição. Cada físico desenvolvia o seu método próprio de investigação, mas ambos apresentam em comum o fato de terem em sua base filosófica a concepção de transição. Pensar o objeto de análise ou fenômeno pressupõe a capacidade de prever ou retrodizer e inferir sobre o que não é observável.

O termo foi utilizado por Donald C. Williams ao analisar o artigo apresentado por Carl. G. Hempel em 1958. Através desta concepção é possível compreender os fenômenos naturais à partir do que se pode inferir, tanto do ponto de vista do passado como do futuro. Como destaca Mandelbaun:

...tanto os dados observados quanto os eventos que deveriam ser preditos (Ou retroduzidos) foram assumidos em todos os casos como entidades experimentadas ou experimentáveis. O professor Williams, no entanto, desejava usar os dados de forma não apenas a ser capaz de se mover para frente e para trás dentro da experiência, mas para ser capaz de dizer algo significativo e verdadeiro sobre o que estava além dos limites da experiência possível. A isso ele chamou de “transição” (MANDELBAUM, 2019, pág. 61).

O autor também busca estabelecer a relação entre transição e indução. Para a ideia de indução ele aceita como concepção filosófica, - *a priori*, e ainda de forma rudimentar- como a inferência de todas as formas não demonstrativas. A partir dessa definição, imediatamente se desenvolvem a noção de transição como uma forma de inferência indutiva. Diante destas articulações categóricas se impõe o questionamento se as formulações das generalizações explicitadas seriam capazes de prever que o futuro seria igual ao passado. Ainda sem levar consideração o tempo, argumenta-se se seria possível construir generalização a partir de um dado número empírico de dados. Neste questionamento reside o chamado “problema da indução.” (MANDELBAUN, 2019)

A questão apontada acima ainda faz refletir sobre a ideia da inferência enquanto generalizações não demonstráveis que são construídas em função dos dados empíricos que são obtidos. Logo, a partir desta ideia é que pode dizer que a transição também passa pelo problema da inferência. Como afirma o autor:

O que chamarei de “o problema da transição [...], é antes, a questão de como os dados observados podem servir de base para inferências a objetos ou eventos que não apenas ainda não foram observados, mas que não podem, em princípio, ser observados (MANDELBAUN, 2019, pág. 63).

Pelo que foi exposto acima, a transição pode ser compreendida como uma ideia vinculada à própria natureza da química: a matéria é constituída de partículas submicroscópicas que podem ser vistas indiretamente, logo compreendemos que elas existem, se manifestam através de suas propriedades e podem ser apreendidas pelos sentidos. “Dito desta maneira pode-se dizer que os átomos existem independentemente dos nossos pensamentos.” (MANDELBAUN, 2019).

De outro modo, Boyle afirma que as propriedades dos objetos podem ser compreendidas como os efeitos que são captados pelos nossos sentidos. Mandelbaum destaca o pensamento de Boyle como crucial para entender transição. Assim ele coloca:

Assim, a experiência sensorial direta, não fornecia uma base adequada para o conhecimento do mundo material, de acordo com Boyle; como vimos, foi por meio de nossa capacidade de raciocinar e de fazer usos dos métodos da nova filosofia experimental que

poderíamos estender nosso conhecimento ao que estava além dos sentidos (MANDELBAUN, 2019, pág. 115)

Tanto Newton como Boyle acreditavam na legitimidade das proposições transditiivas, visto que a mente humana seria capaz de desenvolver inferência além dos limites da experimentação. Partindo da explanação acima, pode-se conceber a transdição como uma categoria importante para a compreensão da química. Os modelos explicativos da estrutura atômica se configuram em “inferências que vão além do que foi diretamente apresentado na experiência sensorial e também além do que é diretamente confirmável pela experiência sensorial.” (MANDELBAUN, 2019).

De todos os raciocínios químicos que estamos trabalhando, talvez o mais estudado implicitamente seja a transdição, contudo não foi ainda codificado da forma correta. O termo transdição não aparece na literatura em Educação Química, apesar de sempre se fazer referência ao mundo submicroscópico e macroscópico como dois níveis, às vezes, mal interpretado nos fenômenos químicos.

2.2 Raciocínio Abduativo: Ainda pouco codificado no ensino e na pesquisa em química

Peirce apresenta contribuições importantes para a semiótica e para lógica ao desenvolver conceitos importantes na estruturação da linguagem e das teorias científicas. Um conceito importante diz respeito à abdução. Para efeito de comparação existem três formas de silogismo: dedução, indução e abdução.

O método dedutivo se baseia em uma construção lógica que parte da ideia geral para chegar a uma proposição particular. Constitui-se de premissa maior, premissa menor e corolário. É o método proposto pelos racionalistas (Descartes, Spinoza, Leibniz), segundo os quais só a razão é capaz de levar ao conhecimento verdadeiro, que decorre de princípios a priori, evidentes e irrecusáveis (GIL, 2008). Como se percebe é um método que não apresenta nenhuma afirmação nova, apenas confirmando de modo tautológico a ideia central e irrefutável.

O método indutivo apresenta o caminho inverso: parte do particular para o geral. A generalização não é definida de forma a priori, mas consolida-se na inferência dos dados que se articulam na experiência. Foi um método importante no campo científico, sobretudo nas ciências naturais e sociais; serviu de fundamentos para os

empiristas (Bacon, Locke, Hume) e possibilitou que o conhecimento não restringisse apenas ao seu caráter especulativo ou metafísico, mas de observação direta e com dados experimentais. Logo, pode ser considerado o método que possibilitou o aperfeiçoamento de instrumentos de coleta de dados capazes de entender inclusive os fenômenos sociais (GIL, 2008).

A abdução por sua vez, utiliza-se da hipótese mais plausível ou mais próxima da realidade. A hipótese e a experimentação são fundamentais para a compreensão de acordo com Peirce, mas a realidade não é algo estático, ela muda constantemente e a partir da abdução que se procura compreender as dinâmicas do fenômeno apoiado na descoberta, na intuição e na criação.

A noção de abdução é um conceito que está intimamente ligado com a ideia de pragmatismo, defendida por Peirce e outros pensadores. O questionamento filosófico do pragmatismo reside na ideia de que os efeitos práticos de um conceito constituem a totalidade do conceito. Logo para comprovar esta ideia, Peirce parte da ideia de que o princípio do pragmatismo se consolida na proposição abdutiva. Romanini destaca que:

Peirce explica a abdução como uma forma de instinto baseado na afinidade de nossa mente com a natureza, enfatizando que a lógica do pragmatismo é essencialmente abdutiva e, portanto, vinculada a processos não racionais e, provavelmente, não-consciente da mente. (ROMANINI, 2016, pg. 38).

O pensamento de Peirce transcende a concepção do conhecimento baseado na lógica tradicional: a teoria geral dos signos proposta pelo pensador alarga a visão da racionalidade, irrompendo com a epistemologia tradicional e buscando novos horizontes de construção do pensamento. A abdução se torna o conceito fundamental do cientista, visto que este é o raciocínio apropriado para se conceber uma ideia nova, associando o rigor lógico com o desenvolvimento do pensamento criativo e intuitivo.

Para desenvolver este pensamento, o autor desenvolve como argumentação lógica as proposições “cotárias” (do latim cotis, afiar), ou seja, procura desenvolver explicações que permitam “afiar” a máxima pragmática. (SANTOS, 2002)

A primeira proposição cotária diz respeito ao que ele define de “intellectus”. Este termo se refere a qualquer representação em qualquer tipo de cognição, virtual

ou simbólica. A primeira proposição diz que tudo que está no intelecto primeiramente deve passar pelos sentidos, ou seja, pelos juízos perceptivos (SERRA, 1996).

A segunda proposição cotária afirma que estes juízos embora contenham elementos particulares, podem também passar para significações gerais. Para chegar do nível singular para o nível mais geral, o caminho para este processo é o raciocínio abduativo. Isto leva a afirmar que a percepção de um objeto já implica em si uma interpretação do mesmo.

A terceira dimensão cotária esclarece que a inferência abduativa se transforma em juízo perceptivo sem que haja uma linha clara de demarcação entre eles. A percepção tem sempre, segundo Peirce, um fundo abduativo e interpretativo, não se limita a ser um mero dado. Como esclarece Santos:

O que faz com que a percepção não esteja desligada da abdução é essa presença do elemento geral (interpretação), dado na percepção, de modo absolutamente fora de qualquer autocontrole. Assim, não há nenhum hiato entre a percepção do objeto e a formulação proposicional abduativa. Neste ponto, as proposições cotárias se fundem de tal forma que, admitindo-se, por exemplo, a terceira, a segunda há de ser admitida e a primeira já se torna até supérflua. (SANTOS, 2002, pág. 159)

O método abduativo, portanto, apresenta esta dimensão potencial de inferência, levando-se em consideração que dentre as múltiplas escolhas hipotéticas que se apresentam no universo, a abdução procura selecionar aquela que está mais próxima da explicação do fenômeno. Peirce estabelece a relação entre abdução e juízos perceptivos ao dizer que:

Nossas primeiras premissas, os juízos perceptivos, devem ser encarados como um caso extremo das inferências abduativas, das quais diferem por estar absolutamente além de toda crítica. A sugestão abduativa advém-nos como num lampejo. É um ato de intuição (insight), embora de uma intuição extremamente falível. É verdade que os diferentes elementos da hipótese estavam em nossas mentes antes; mas é a idéia de reunir aquilo o que nunca tínhamos pensado em reunir que lampeja a nova sugestão diante de nossa contemplação (PEIRCE, 2005, pág. 226).

O método abduativo pode ser caracterizado como um recurso revolucionário na ciência, pois introduz a novidade, possibilita articular múltiplos itinerários explicativos,

na qual nem através da dedução ou através da indução poder-se-ia chegar. A adoção probatória da hipótese mesmo que falível, fornece os subsídios para a construção da verdade. Assim Charles Sanders Peirce defende que a “dedução prova algo que deve ser: a indução mostra algo que é efetivamente operativo; a abdução sugere algo que pode ser.” (PEIRCE, 2005).

Assim sendo, somente a abdução traz algo de novo. É partir dele que o raciocínio se torna fecundo. A abdução é o método por excelência da criatividade e da inovação. Através do seu potencial heurístico tem a capacidade de levantar hipóteses explicativas em uma dimensão mais ampla. É o método que se aproxima das conjecturas que se dão inclusive na dimensão intuitiva. Santos aponta que:

Num universo de milhões de hipóteses possíveis, o que nos leva a uma formulação aproximada da verdadeira? Para Peirce, esse poder está para nós de forma instintiva, assim como os “poderes musicais e aeronáuticos dos pássaros”. De fato, se os animais inferiores dificilmente erram em suas ‘conjecturas’, por que ao homem seria negada tal possibilidade? Como animais em busca da sobrevivência, no mesmo processo evolutivo que todas as outras espécies, fomos adestrados pela experiência para nos aproximar da verdade de nossas conjecturas. Tal é o poder da abdução. (SANTOS, 2002, pág. 160)

O raciocínio abduativo se constitui em uma ferramenta lógica de conhecer e interpretar um fenômeno. Ela transcende os limites do processo de construção lógica, pois é daí que as ideias são espontaneamente correlacionadas de forma criativa, para aquisição, conclusão e inferência dos resultados. Logo abdução ultrapassa os limites rígidos e engessados do formalismo lógico, tanto no procedimento dedutivo, como indutivo; a abdução integra-os, formulando proposições extraordinárias que promovem o ato da descoberta. É através deste procedimento lógico que as ciências se desenvolveram ao longo da história. Sem este procedimento as descobertas revolucionárias científicas não teriam se revelado.

Logo a abdução apresenta correlação estreita com a química nos procedimentos metodológicos. A química apresenta como método de inferência, a transição que é a propriedade de deduzir propriedades de inobservável de entidades observáveis. Esta ciência apresenta uma linguagem própria constituída de representações que visam identificar os entes físicos que não são apreendidos pela dimensão sensível imediata. Diante dessas características a abdução pode contribuir

significativamente enquanto processo epistemológico de compreensão dos fenômenos químicos.

A abordagem acerca do conceito de abdução traz contribuições significativas para o processo de pesquisa e ensino de química. O estudo possibilita refletir a metodologia que é utilizada em sala de aula, para que se possam desenvolver atividades inovadoras de construção de conhecimentos, indo de contraponto ao ensino tradicional, engessado, tradicional e pautado na simples acumulação de conteúdos previamente estabelecidos.

O ensino de ciências da natureza, na grande maioria das vezes é desenvolvido em procedimentos dedutivos e indutivos. Esses métodos de construção de conhecimento são importantes e válidos na aprendizagem, mas quando utilizado exclusivamente no processo de ensino, torna o trabalho educativo excessivamente tradicional, linear e focado na compreensão passiva dos conhecimentos de química. Como argumenta Fava (2018).

a abordagem da educação tradicional é dedutiva, transitando de princípios gerais para exemplos e aplicações específicas. Nos currículos dedutivos os primeiros semestres são devotados quase inteiramente para os fundamentos básicos, sendo repetidamente assegurado de que esses conteúdos serão vitalmente significativos mais adiante, quando do desenvolvimento dos conteúdos específicos do curso ou da área de conhecimento. A errônea pressuposição é que os estudantes são ineptos a se defrontar com projetos, processos, sistemas e resolução de problemas reais até que tenham dominado todos os conteúdos e habilidades de fundamentos e específicos. (FAVA, 2018, pág. 1)

Diante do que foi exposto acima, leva-se a crer que o estudante tem apenas o papel de acumular informações, construir conhecimentos baseado em pressupostos estabelecidos, de forma acrítica, visto que o mesmo não teria capacidade de formular suas próprias hipóteses e conjecturas acerca dos fenômenos observados.

O método abdutivo pode ser compreendido como um caminho intermediário entre o a dedução e a indução e oferece possibilidades para construção de um conhecimento que leva em consideração a perspectiva de estimular a descoberta de hipótese explicativas da realidade, levando ao aguçamento da curiosidade e lançando uma visão para direção do novo.

A aprendizagem se torna, diante deste quadro, fecunda. Visto que o aluno não pode ser encarado com um indivíduo neutro, desprovido de bagagem cultural, mas que carrega consigo uma bagagem cultural, informações adquiridas no trajeto educacional e nas vivências do cotidiano. Partindo dos saberes adquiridos, o estudante pode propor hipóteses plausíveis para determinados fenômenos químicos, lançando-se na perspectiva de pensar conjecturas, interrogações que se aproximem da realidade.

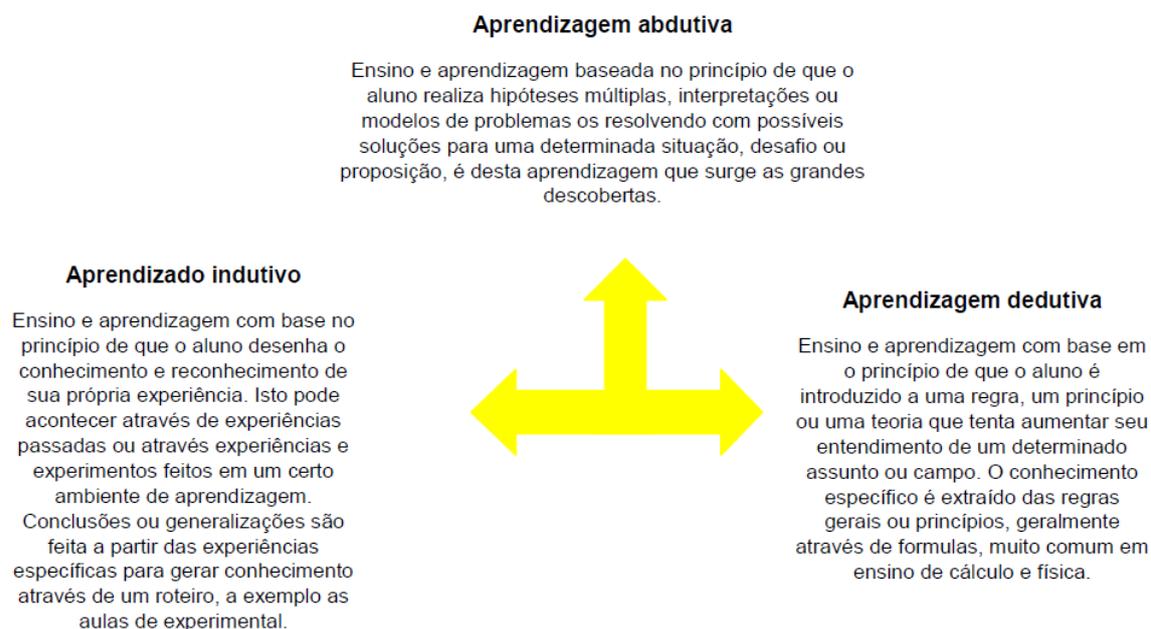
O método abduutivo no campo da ciência lança um olhar sobre o desconhecido apontando o caminho para a adoção provisória de explicações plausíveis. A partir desse trajeto é possível conceber ideias novas e descobertas revolucionárias. Transpondo para a dimensão educacional pode-se pensar em uma aprendizagem pautada na liberdade de construir novos itinerários de explicação que vão além de generalizações já pré-definidas. O conhecimento, portanto, passa a ser pautado na descoberta, no uso da intuição e no conhecimento inovador.

O conhecimento científico é bastante abrangente e não se pode pensar em um único caminho para se chegar às conclusões teóricas. É preciso pensar que a criatividade contribuiu significativamente para o conhecimento, visto que a realidade é dinâmica e percebida em várias perspectivas. Essa realidade dinâmica por sua vez permite que seja valorizado o ato criador. Logo, diante das incertezas do mundo é que se constrói o novo e a possibilidade de gerar ideias originais. (SOUZA, 2020)

A escola por sua vez, deve pensar em uma educação que contemple a apropriação de saberes voltados para uma realidade dinâmica e multifacetada. O ensino de química pode ser pensado numa perspectiva de descoberta, levando a valorização do ato criativo, da pesquisa enquanto um processo de desbravamento do mundo e da possibilidade diante do desconhecido de elaborar explicações novas para a compreensão dos fenômenos químicos.

Na figura abaixo está um resumo de três formas de aprendizagem, a indutiva, a dedutiva e a abduitiva. Apesar de o raciocínio abduutivo ser onnipresente na prática química, ele está ausente do ensino. O ensino de química tem se mostrado com caráter mais dedutivo quando comparado ao método abduutivo. A experiência abduitiva é treinada de forma tácita na prática química, com pouca reflexão.

Figura 4: Modos de aprendizagem em química



Fonte (SOUZA, 2013)

2.3 Affordance no ensino e pesquisa em química

Dentre os diversos conceitos utilizados na compreensão dos fenômenos científicos e processos educacionais, destaca-se a categoria *affordance*. Em particular com relação à filosofia da química acaba se tornando instrumento para pensar em uma “reformulação da metafísica da química. Ou de outro modo representa uma ênfase renovada na prática química e sua relação com os produtos da atividade química.” (HARRÉ, 2014)

O conceito de *Affordance* busca aprofundar as relações culturais, educativas e culturais. Sua origem está nos trabalhos desenvolvidos pelo psicólogo Gibson (1977) e diz respeito às relações entre um sujeito e os objetos que estão presentes no ambiente. O agente determina através de processos intuitivos ou baseados em experiências anteriores, a maneira como um objeto pode ser utilizado. Esse procedimento não requer necessariamente que haja um estudo prévio do objeto ou de uma utilização de manual de instrução. Pode-se dizer que o objeto apresenta

características que permitem a sua utilização de modo imediato, facilitando assim o seu manuseio. Deste modo, HARRÉ destaca que:

Uma faca pode ser vista como um corte no contexto do pão. Um lago congelado pode ser visto como um passeio para um lobo, mas não para o alce que o está perseguindo e assim por diante. Há o que é percebido, há as possibilidades de ação que são percebidas pelo agente relevante e há o contexto em que ocorre a percepção de *affordance*.” (HARRÉ, 2014, pg. 78).

A concepção de *affordance* engloba as possibilidades indiciais presentes em ambientes como substâncias, superfícies, objetos e lugares que permitem a ação, por meio da interação do sujeito com o ambiente. Ainda numa perspectiva mais ampla, pode ser compreendida na medida em que:

está ligada à ideia de que transformações sociais, artefatos e contextos humanos são produzidos continuamente e de forma ecossistêmica. Neste sentido, é importante esclarecer que a noção de artefato é entendida de forma bastante ampla e dá conta da materialização da potencialidade existente na relação entre ambiente, o sujeito e o artefato já existentes (ROJAS, 2017, pg. 65).

No âmbito dos processos científico, o termo *affordance* se torna imprescindível nos procedimentos experimentais e na resolução de determinadas situações de investigação em um problema alvo. “Assim, na análise e descrição de fenômenos é necessário levar em consideração o agente envolvido, o instrumento e o contexto em que ocorre o procedimento experimental. (HARRÉ, 2014).” “De modo geral, a estrutura de *affordance* na construção científica leva em consideração que os procedimentos se constituem em processos e produtos, à medida que são progressivamente realizados. (HARRÉ, 2014).”

O conceito de *affordance* permite pensar os procedimentos científicos em termos de construções operatórias e procedimentos de caráter heurístico que possibilitam compreender os fenômenos em sua totalidade. Assim compreende-se que “é muito preferível do ponto de vista empírico que os argumentos científicos levem em conta não apenas os produtos, mas também as operações responsáveis por eles.” (OCHIAI, 2015).

O conceito de *affordance* ainda pode ser subdividido em *affordance* positiva e negativa. Cada indivíduo tem uma percepção relativa um determinado objeto ou

ambiente, logo existem affordances que podem contribuir para que se compreenda um fenômeno ou possa manusear corretamente um artefato. Do mesmo modo existem affordances que se tornam incompatíveis com a aprendizagem, ou conduzem á propostas inadequadas para a utilização dos objetos educacionais. Diante desse conceito, pode-se fazer uma correlação entre affordance tanto em ambientes amplos, em espaços de trabalho, elaboração de design e também pensar no processo educativo á partir do ambiente escolar.

As affordances correspondem a possibilidades - que podem, ou não, ser percebidas - capazes de trazer algum tipo de benefício para a sobrevivência de um individuo (nutrição, abrigo, locomoção, respiração, dentre outros.). (LABURU e VERGENNES, 2019).

Em relação à segunda categoria, as affordances negativas correspondem a limitações - que podem, ou não, ser percebidas - capazes de prejudicar a sobrevivência de um indivíduo (alimento venenoso, abrigos instáveis, apoios movediços, dentre outros.) (LABURU e VERGENNES, 2019).

As possíveis interações com o ambiente podem ser percebidas como uma atividade que pode ser facilitada ou dificultada a partir da percepção que o individuo tem do ambiente e de sua motivação. É preciso, nesse aspecto, pensar em termos das características do objeto, os arranjos no ambiente, as contribuições que levam a interatividade do sujeito e a forma como o individuo apreende este ambiente. A prática cotidiana também é fator de desenvolvimento e compreensão do entorno. Assim:

A abordagem ecológica de Gibson para aprendizagem e desenvolvimento descreve como a percepção - extrair informações significativas do ambiente para orientar as ações de forma adaptativa-melhora com a experiência, a aquisição de novos meios de exploração e o desenvolvimento de novos sistemas de percepção-ação. (KHATIBI e SHEIKHOLESLAMI, 2015, pág. 140)

O conceito de affordance pode ser pensado como instrumento importante no processo de ensino-aprendizado. A sala de aula pode ser percebida como o ambiente que pode estimular ou dificultar a compreensão dos conteúdos de química. Nesse aspecto há a necessidade de refletir sobre estratégias eficientes de comunicação, promovendo interações significativas no ambiente escolar, utilizando uma variedade de recursos semióticos para apreensão dos conceitos abstratos em química. Cabe

destacar a importâncias das TICS enquanto recursos capazes de potencializar a compreensão dos conteúdos de ciências. Como aponta ROJAS:

No campo educacional, o conceito de affordance é atraente porque enfatiza perspectivas personalizadas e um papel ativo dos alunos na aprendizagem assistida por tecnologia. Neste sentido, um artefato tecnológico implica um potencial de ação que estará disponível quando aluno e o artefato se conectarem, e a disponibilização e realização desse potencial é relativa às interações com o artefato e com o contexto sociocultural em que ele corre.” (ROJAS, 2017, pág. 66)

De outro modo pode-se refletir sobre a forma como os professores, na sua relação com os alunos, trabalham os conteúdos de química. Isto implica desde a utilização do tom de voz, os gestos e os recursos didáticos que são utilizados em sala de aula. A relação aluno-professor pode ser pensada em termos de comunicação, motivação, interação e empatia. O ambiente escolar permite pensar em termos de como se desenvolve a percepção do estudante em sala de aula, conduzindo a situações em que se favoreça affordances de natureza positiva ou negativa. A aproximação do conceito de affordance se desenvolve desde a relação entre sujeitos, artefatos e ambientes, o que culmina em pensar em uma perspectiva nova de análise do campo educativo e permite avançar na reflexão dos objetos e ambientes educacionais como influenciadores do processo de aprendizagem.

Diante do que foi exposto acima, pode se estabelecer uma possível correlação entre o conceito de multimodalidade e affordance. Os recursos semióticos podem ser utilizados em suas múltiplas formas e representações, possibilitando assim, que haja a potencialização de affordances e aprimoramento de competências e habilidades. Um recurso modal pode apresentar um affordance tanto positiva como negativa em um determinado contexto. Assim, a multiplicidade de formas modais pode garantir que possam ser preenchidas as lacunas que dificultam apreensão dos conteúdos de ciências.

Diante do que foi discutido, a prática educacional está intimamente relacionada com o ambiente educacional. O conceito de affordance permite entender a tríade aluno-professore-e- espaço educacional como estruturas indissociáveis, que se comunicam constantemente, Compreender o processo educacional partindo das categorias affordance e multimodalidade, enriquece o debate filosófico e possibilita

compreender a natureza da ciência e da química em sua dimensão ontológica e epistemológica.

2.4 Integração dos juízos químicos na literatura em educação química

Tabela 1: Presenças dos juízos químicos na literatura

	Periódico da capes	Journal of Chemical education	Hyle	Foundations of Chemistry
Transdiction	7	3	4	4
Abduction	30557	95	10	10
Abduction AND Chemistry	398	-	10	10
Abduction AND Chemistry AND Education	29	-	10	10
Abdução	405	-	-	-
Abdução AND química	0	-	-	-
Abdução AND educação AND química	0	-	-	-
Abdução AND educação AND matemática	6	-	-	-
Affordance	16991	93	10	17
Affordance AND Chemistry	277	-	8	17
Affordance AND Chemistry AND education	108	-	8	-
Affordanc* AND educação	69	-	-	-
Affordanc* AND educação AND química	0	-	-	-
Affordanc* AND educação AND matemática	10	-	-	-
Mereology	191154	1	10	22
Mereology AND Chemistry	29	-	10	22
Mereology AND Chemistry AND education	10	-	10	-
Mereologia	36	-	-	-
Mereologia AND química	0	-	-	-
Mereologia AND educação	0	-	-	-
mereologia AND educação AND química	0	-	-	-
Mereologia AND educação AND matemática	0	-	-	-

Fonte: autor

Na tabela acima identificamos que o tema dos juízos químicos está pouco integrado a literatura em educação química. Apesar de estar muito presente na

literatura em filosofia da química, nas revistas *Hyle* e *Foundations of Chemistry*, ela está pouco presente na literatura nacional.

No idioma nacional encontramos forte ausência de trabalhos de pesquisas que integrem estas temáticas. Não foi possível pesquisar nas revistas química nova e química nova na escola. A ferramenta de busca está com problema. Entretanto, inferimos, pela busca no periódico da capes, que a temática está pouco presente.

Isto justifica esta pesquisa e a necessidade de abrir uma linha de investigação a respeito na educação química.

Capítulo 3 Juízos Químicos e semiótica química na sala de aula

Neste capítulo final iremos verificar o uso e apropriação dos elementos semióticos e das inferências químicas em uma sequência didática.

3.1 Princípios Metodológicos

Para desenvolvimento deste trabalho foi escolhido como proposta o método de investigação qualitativo, pois, procura-se compreender o aluno como um sujeito ativo, inserido dentro de um contexto sociocultural, histórico e educacional. Este contexto em que ele está inserido é mediado pelas diversas formas de representações linguísticas. O estudante não é um ser passivo, mas um sujeito que apreende as diversas formas de modelos simbólicos, estabelece correlações, desenvolve novas conexões cognitivas e reconstrói novas estruturas semióticas. Nesse sentido, cabe desenvolver um trabalho de pesquisa de caráter qualitativo para avaliar, identificar o desenvolvimento de ensino e da aprendizagem a partir de suas representações linguísticas. Como afirma Gil (2008):

A análise dos dados nas pesquisas experimentais e nos levantamentos é essencialmente quantitativa. O mesmo não ocorre, no entanto, com as pesquisas definidas como estudos de campo, estudos de caso, pesquisa-ação ou pesquisa participante. Nestas, os procedimentos analíticos são principalmente de natureza qualitativa. E, ao contrário do que ocorre nas pesquisas experimentais e levantamentos em que os procedimentos analíticos podem ser definidos previamente, não há fórmulas ou receitas predefinidas para orientar os pesquisadores. Assim, a análise dos dados na pesquisa qualitativa passa a depender muito da capacidade e do estilo do pesquisador. (GIL, 2008, pg. 175).

O presente trabalho foi realizado com alunos do 3º ano do ensino médio no Colégio Estadual Rafael Spínola Neto, localizado no município de Vitória da Conquista. As atividades foram realizadas em sala de aula no período de 03/03/2022 até 07/04/2022, totalizando 12 aulas. O trabalho foi desenvolvido em uma escola pública, sendo que a sala era formada por um total de 22 alunos advindos de regiões

periféricas do município. A sequência didática aplicada em sala foi desenvolvida por Jaime José da Silva, professor regente da instituição. Como procedimento para a coleta de informações foram feitas anotações durante o percurso metodológico. As anotações descreviam os diálogos do professor e alunos, bem como descrição das atividades propostas em sala de aula. Cada aula teve uma duração de 50 minutos. O projeto foi submetido ao Comitê de Ética da UESB (Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia) e seguiu as recomendações das Resoluções do Conselho Nacional de Saúde. Logo, esta pesquisa só iniciou quando os participantes (alunos) da pesquisa assinaram o TALE (Termo de Assentimento Livre e Esclarecido) e os pais ou responsáveis assinaram o TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido). A participação aconteceu de forma voluntária, após os participantes da pesquisa terem acesso ao referido documento.

Como processo inicial de pesquisa foi desenvolvido uma sequência didática cujo tema proposto foi os compostos orgânicos no cotidiano (hidrocarbonetos, funções oxigenadas e nitrogenadas). Procurou-se inicialmente elaborar diversas estratégias de ensino, abordando a temática por meio de explicações teóricas, conceituais, utilizando recursos multimídia (vídeos, slides, imagens, fotografias, etc.). No decorrer das aulas procurou-se estabelecer correlações entre o conteúdo e o cotidiano dos alunos. Foi explicado que os compostos orgânicos estão presentes na alimentação, nas formas de produção de combustíveis e de energias de um modo geral, como se pode entender também a constituição dos materiais, suas transformações e utilização para o desenvolvimento social e tecnológico. Importante destacar que durante esse processo foi utilizado diversos recursos multimodais para estimular as representações semióticas e permitir que estudantes tivessem uma visão mais abrangente do conteúdo.

Em um segundo momento foi permitido que os alunos, a partir do conhecimento adquirido nas aulas expositivas, construíssem materiais didáticos que tivessem relação com os temas abordados. Os alunos puderam elaborar diversos tipos de representação para uma determinada substância: fórmulas estruturais, condensadas, modelos tridimensionais e representações usando ferramentas físicas (estruturas de bolas e varetas). Utilizando-se destes recursos didáticos, desenvolveram-se simulações de reações químicas como esterificação; oxidação de álcoois formando ácidos carboxílicos – por exemplo: formação do ácido etanoico a partir do etanol e formação do etanol a partir do etileno.

O Programa utilizado para pesquisar as formas tridimensionais das moléculas foi o software Molview (<https://molview.org/>). Este recurso serviu como auxílio para confeccionar as estruturas de bola-vareta. Os alunos tiveram acesso ao programa por meio de celulares, e a partir desses, foi possível consultar diversas moléculas orgânicas. Em outro momento, os alunos também elaboraram moléculas no programa, permitindo um trabalho participativo na elaboração dos modelos representacionais. Desta forma os alunos puderam compreender que os compostos químicos podem ser representados nas mais diversas configurações, aumentando assim o espectro de percepção sobre as modalidades de estruturas semióticas.

Partindo dos conhecimentos adquiridos, os estudantes fizeram buscas sobre temáticas de compostos orgânicos e, de posse dos dados encontrados elaboraram jornais científicos que abordavam a presença desse composto no cotidiano. As respectivas estruturas moleculares relacionadas às notícias do composto orgânico foram elaboradas pelos estudantes por meio do programa Molview.

Esse trabalho teve como objetivo promover a contextualização da temática da química orgânica, demonstrando a sua relevância e presença na sociedade, e ao mesmo tempo proporcionar um processo educacional que leva em conta as formas representacionais que são utilizadas na química.

Para avaliar o desenvolvimento da sequência didática foi aplicado um questionário contendo perguntas, para saber a opinião dos alunos, em relação às diversas representações desenvolvidas ao longo da aula e se elas contribuíram para uma melhoria no aprendizado em química.

3.2 Juízos Químicos e representações semióticas químicas na sala de aula

Para o desenvolvimento da proposta didática cabe situar as condições em que os estudantes se apresentavam diante do processo educativo. Os alunos estudaram anteriormente em um quadro de pandemia. Eles fizeram o 1º e 2º ano em um único ano letivo no período de 2021 na modalidade remota. Em 2022, eles fizeram o terceiro ano na modalidade presencial. Acompanhando os alunos durante o processo educacional constatou-se que eles apresentavam lacunas quanto ao aprendizado dos

conteúdos de química. Diante desta situação foi importante rever determinados conceitos de química ao longo do processo.

3.2.1 Descrição da sequência didática

Para o desenvolvimento da sequência didática, no primeiro dia de aula foi trabalhado uma aula expositiva apresentando os conteúdos de propriedades dos átomos de carbono, as suas ligações covalentes e estrutura das cadeias carbônicas. Em seguida, foram apresentadas as diversas representações das estruturas moleculares a partir de diversos modelos representacionais (fórmulas moleculares, condensadas, representações *bond line* e estruturas geométricas de bolas varetas). Nessa aula foi possível aos alunos perceber que os compostos moleculares orgânicos podem ser representados de diversas formas.

Durante a aula foi estabelecida a relação entre os tipos de ligação (simples, dupla ou tripla) e a geometria correspondente dos hidrocarbonetos (linear, trigonal plana e tetraédrica). Como recurso semiótico para aprendizagem foi utilizado montagem de estruturas geométricas utilizando bexigas (figuras 3, 4 e 5) para estabelecer analogias com as estruturas moleculares dos compostos orgânicos. Como os estudantes não tinham noção do que era um tetraedro, foi elaborada uma figura geométrica do que era o desenho de um tetraedro conforme a figura 5.

Figura 5: Representação geométrica utilizando bexiga

Linear



Trigonal



Tetraédrica- bexiga



Tetraedro



Fonte: Fotografias feita pelo autor

As estruturas acima serviram de suporte apresentando caráter icônico, estabelecendo aproximação de como as estruturas angulares são dispostas nos compostos orgânicos. Baseado nas analogias apresentadas pode-se discutir a ideia de repulsão de pares eletrônicos e sua implicação no arranjo das estruturas moleculares.

Os recursos didáticos acima promoveram uma abordagem na perspectiva de compreensão sob a dimensão da tríade peirciana, haja vista que os estudantes perceberam os objetos apresentados (primeiridade – perceber), estabelecendo relações de analogia com os entes moleculares (secundidade - relacionar) e reelaborando concepções acerca do que são estruturas moleculares e a consequente ideia de repulsão eletrônica (terceiridade - conceituar). Na terceiridade relaciona-se mais com os métodos de inferências e juízos estudados no capítulo 2.

No segundo dia de aula foi feita uma discussão desses compostos no cotidiano. Os alunos puderam perceber, por exemplo, a presença dos compostos propano e butano no botijão de gás de cozinha. Foi abordada a composição do petróleo e seus derivados que são constituídos basicamente de hidrocarbonetos. Os estudantes perceberam que existiam diversos compostos orgânicos presentes em nosso cotidiano tais como gasolina, óleo diesel, parafina e petróleo.

Em um determinado momento, o professor perguntou se algum estudante tinha algum desodorante de aerossol. Logo, o estudante retirou da mochila um desodorante e foi solicitado a ele que fizesse uma leitura do rótulo, a qual constatou que o produto tinha em sua composição propano e butano (os mesmos compostos presentes no botijão de gás).

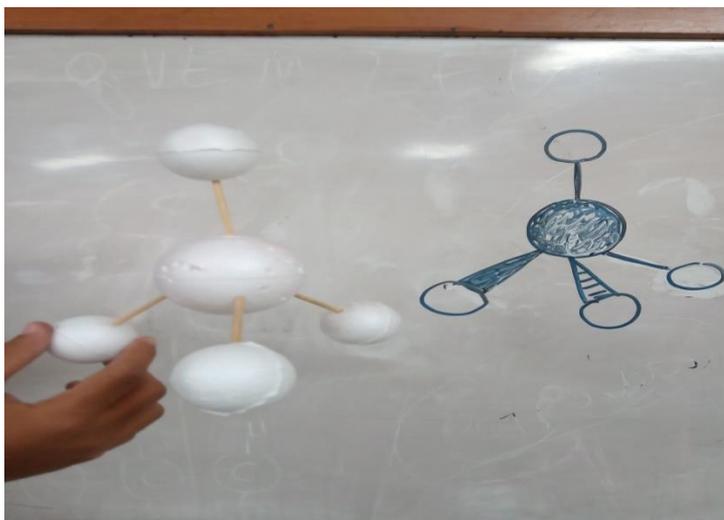
Em seguida, o professor falou sobre uma reportagem de uma mulher que havia jogado um recipiente de aerossol no lixo. Ao incinerar o lixo, houve uma explosão que acarretou acidente na qual a vítima teve parte do corpo queimado. Estas discussões em sala de aula foram importantes, pois possibilitaram contextualizar os conceitos de química e demonstrar que a temática de compostos orgânicos faz parte do cotidiano social. Como enfatiza a BNCC, é importante discutir problemáticas da realidade para:

avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis (BRASIL, 2018, p. 555)

Na mesma aula, foi apresentada a estrutura do metano a partir do modelo molecular, condensado (representação simbólica). Para uma percepção mais concreta foi apresentada uma estrutura molecular de bolas de isopor e palitos de madeira (representação icônica). Também houve o momento em que a estrutura do metano foi representada no quadro usando os traços de cunhas tracejadas e cunhas em negrito, conforme a figura 6, representando a tridimensionalidade da molécula (representação simbólica). Neste momento foi possível encaixar a representação da molécula na estrutura de bola-vareta no quadro junto à representação de cunhas, permitindo assim estabelecer uma relação entre essas duas formas.

Todos os alunos concordaram que poderia se estabelecer uma relação entre as duas formas de representação. A forma de comparação das duas moléculas proporcionou uma identificação das duas representações, possibilitando apropriar-se das convenções e normas que são usadas na linguagem química. A proposta didática procurou apresentar as distintas representações do metano (perceber), estabelecendo relações de aproximação entre ambas as representações, diante das convenções estabelecidas (relacionar) e consolidando na mente do estudante como se concebe a estruturação da molécula (conceituar).

Figura 6: Imagem na lousa e no espaço da sala – Molécula de metanol



Fonte: Fotografia feita pelo autor

No terceiro dia de aula os alunos puderam conhecer e manipular o software Molview. Esse programa apresenta a propriedade de ser on-line, intuitivo, de fácil manuseio, possibilitando construir diversas moléculas em estrutura 2D e 3D. “Quando se utiliza o computador, o caráter icônico das representações nessa dimensão do conhecimento químico passa a ter potencial de uso benéfico ao ensino.” (GOIS e GIORDAN, 2007)

Com esse recurso tecnológico é possível rotacionar a molécula, construir modelos próprios e fazer diversas combinações moleculares. O software permitiu que os alunos pesquisassem diversas moléculas tais como: etanol, cafeína, morfina e diversos outros compostos orgânicos. Dentro do conceito de *affordance* positiva, o artefato tecnológico tornou-se subsídio importante para compreender as estruturas moleculares em uma perspectiva de visualização espacial mais dinâmica. Como um banco de dados abrangente as pesquisas dos entes moleculares se tornam mais imediatas e não há necessidade de utilização de ferramentas físicas para elaboração de moléculas que apresentam estruturas mais complexas.

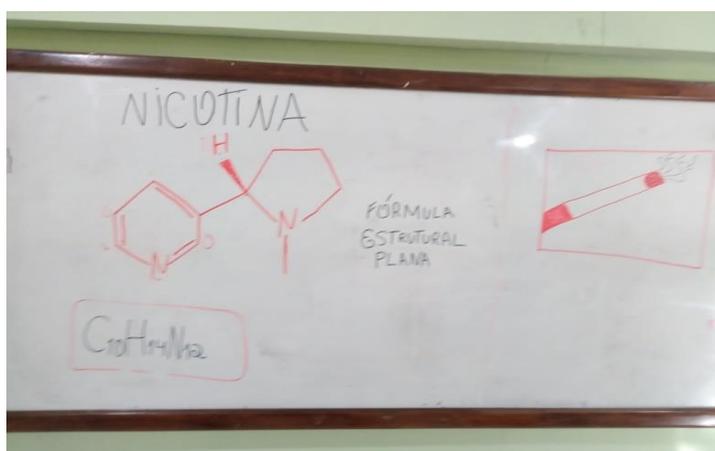
Alguns alunos se interessaram em pesquisar estruturas de compostos inorgânicos tais como diamante e grafite. Neste mesmo dia foram organizadas equipes e cada uma dessas deveriam fazer pesquisas de diversos tipos de moléculas no cotidiano, sua utilidade, presença na natureza, possíveis malefícios e benefícios. Ao mesmo tempo eles puderam construir representações físicas de estruturas com bolas e varetas das referidas moléculas estudadas. Como a escola não dispunha de

kit bola-vareta foram utilizados materiais constituídos por esferas feitas de isopor e varetas de madeiras. As construções poderiam ser confeccionadas utilizando como referência o software Molview, para orientar na estruturação, ângulos e percepção espacial.

No quarto, e quinto e sexto dias de aula as representações físicas das moléculas foram apresentadas. Os alunos puderam apresentar suas estruturas de bola/vareta, pesquisa escrita e discussão da presença destes compostos do dia-a-dia. A pesquisa permitiu mais uma vez que o trabalho fosse contextualizado, possibilitando que os estudantes fossem protagonistas no processo de construção do conhecimento.

As Imagens 8 e 9 demonstram a apresentação dos trabalhos dos estudantes sobre a molécula de nicotina. Nesta pesquisa os alunos puderam representar as diversas formas em que a molécula pode ser simbolizada e o desenho que associa o cigarro com a presença da molécula. No momento da apresentação o aluno indagou se o cigarro é constituído unicamente de nicotina. O momento foi oportuno para esclarecer a composição do cigarro que apresenta inúmeras substâncias, tais como açúcares, arsênio, amônia, sulfito de hidrogênio e outras mais. A exposição da aula também permitiu discutir acerca da ação da nicotina no sistema nervoso e a dependência decorrente de uso constante do cigarro.

Figura 7: Imagem na lousa – representações da nicotina



Fonte: Fotografia feita pelo autor

Figura 8: Modelo molecular de nicotina em bola-vareta



Fonte: Fotografia feita pelo autor

No mesmo momento os estudantes fizeram apresentação de trabalho sobre a estrutura molecular do etanol, destacando sua presença no cotidiano, utilização, malefícios e benefícios. A Figura 10 apresenta as múltiplas representações da molécula do etanol e sua presença no cotidiano.

Figura 9: Representações da molécula de etanol



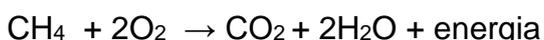
Fonte: Fotografia feita pelo autor

No sétimo dia aula foi trabalhado o conceito de combustão. Foi perguntado para estes estudantes o que significava este conceito para eles. Poucos estudantes responderam. Logo, dois estudantes se manifestaram dizendo:

E1: tem a ver com queima.

E2: É coisa ligada à energia.

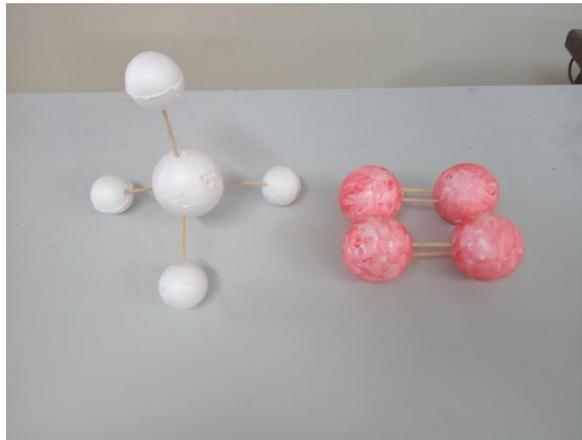
Como poucos conseguiram conceituar combustão corretamente, foi demonstrado no quadro uma equação química balanceada sobre combustão do metano, explicitando os reagentes e produtos.



Neste momento foi explicado que a reação depende de um combustível (metano), um comburente (O_2) e geram como produtos água, dióxido de carbono, liberando energia (fogo). O momento foi oportuno para falar sobre a Lei de Lavoisier na qual se afirma que “na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma.” Logo, era importante eles compreenderem que a quantidade de átomos que estavam presentes nos reagentes deveria ser igual a dos produtos.

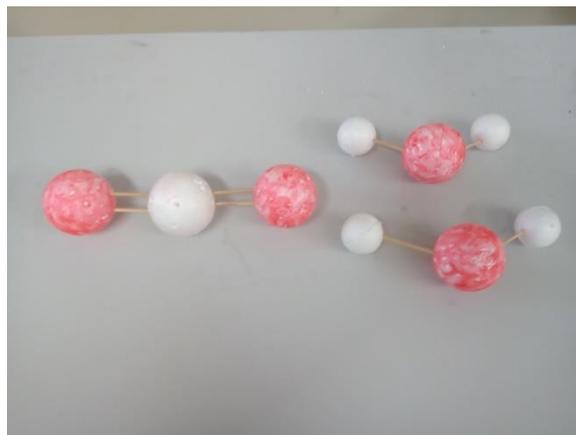
Para que essa reação fosse mais concreta e realista foi proposto que um aluno simulasse esta reação utilizando os modelos de bolas e varetas, conforme as figuras 11 e 12. Para ajudar no processo de construção das moléculas de dióxido de carbono e água, foram pesquisadas no programa Molview, qual era constituição geométrica destes compostos. Deste modo, com certo grau dificuldade - com a ajuda do professor e participação dos demais alunos - o estudante que se propôs a fazer o experimento conseguiu recombina as moléculas formando os produtos da reação. Durante o procedimento realizado pode-se constatar que não sobrou nenhuma bola durante o rearranjo das estruturas e partir desta atividade compreendeu-se a Lei de Conservação das Massas.

Figura 10: Reagentes da combustão: metano e oxigênio



Fonte: Fotografia feita pelo autor

Figura 11: Produtos da combustão: água e dióxido de Carbono



Fonte: Fotografia feita pelo autor

Ainda consolidando compreensão sobre combustão foi esclarecido que as moléculas de água e dióxido de carbono evaporam para o ar. Diante deste fato, o professor indagou para os estudantes de onde viria então a energia (fogo) liberada na combustão. Poucos alunos responderam a questão. Alguns disseram:

E3: Vem de dentro das bolas.

E4= Vem da água.

Depois de uma pausa de reflexões, um estudante respondeu:

E5= Vem dos elétrons.

Partindo do comentário do aluno E5, foi possível discutir que o processo de liberação de energia estava relacionado com a quebra das ligações e sua posterior recombinação na formação dos produtos.

Também foi perguntado para os alunos, se estas varetas realmente existiam na estrutura molecular ou eram apenas representações de entes químicos. A grande maioria respondeu que estas varetas não existiam na molécula real. A partir deste momento foi discutido como o compartilhamento de elétrons pode ser simbolizado no modelo da molécula usando bola-vareta. Os alunos puderam compreender que estruturas moleculares são apenas representações dos entes químicos, e que estes não definem fielmente a constituição de um átomo ou molécula.

Cabe destacar que o procedimento de bola-vareta na explicação sobre combustão foi o recurso semiótico que mais despertou atenção dos alunos. A grande maioria dos alunos afirmou que esse procedimento didático permitiu assimilar com mais facilidade o conceito de combustão. Ademais, pode-se compreender que a conjugação de representações tanto virtuais quanto concretas possibilita aumentar a percepção dos alunos sobre as reações químicas, consolidando a construção de conceitos científicos.

3.2.2 Integrando os diversos recurso modais, semióticos e representacionais

A sequência didática utilizada, conjugando apresentação escrita/oral, estrutura bola/vareta e recursos de software, possibilitou compreender por parte do professor como os diversos recursos multimodais potencializam a compreensão dos conceitos de química.

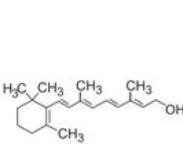
Levando em consideração a tríade abordada por Wartha e Rezende (2015), foi possível estabelecer a relação perceber (reação química de combustão), relacionar (equação química transposta para o modelo bola-vareta) e conceituar (a definição de combustão). Diante dessas circunstâncias, é importante operacionalizar modelos físicos, equações químicas e ferramentas computacionais para que o estudante consiga compreender os entes submicroscópicos da química e sua relação com a linguagem representacional química.

Durante a oitava aula foi aplicado uma atividade contendo duas questões baseadas em provas do ENEM, - conforme explicitado abaixo:

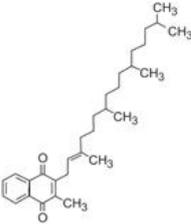
Figura 12: Atividade diagnóstica

Atividade diagnóstica de química

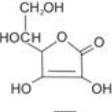
1) (Enem 2014) O armazenamento de certas vitaminas no organismo apresenta grande dependência de sua solubilidade. Por exemplo, vitaminas hidrossolúveis devem ser incluídas na dieta diária, enquanto vitaminas lipossolúveis são armazenadas em quantidades suficientes para evitar doenças causadas pela sua carência. A seguir são apresentadas as estruturas químicas de cinco vitaminas necessárias ao organismo.



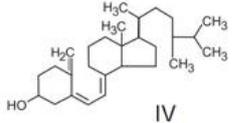
I



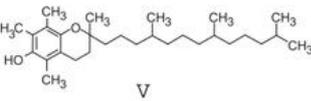
II



III



IV



V

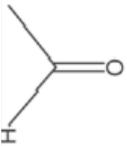
Dentre as vitaminas apresentadas na figura, aquela que necessita de maior suplementação diária é:

a) I b) II c) III d) IV e) V

2 – (Enem 2014) A forma das moléculas, como representadas no papel, nem sempre é planar. Em um determinado fármaco, a molécula contendo um grupo não planar é biologicamente ativa, enquanto moléculas contendo substituintes planares são inativas.

O grupo responsável pela bioatividade desse fármaco é:

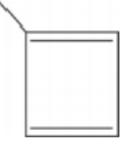
a)



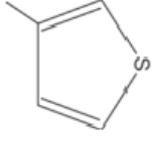
b)



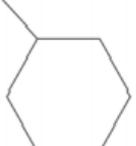
c)



d)



e)



Na questão 1, o estudante deveria identificar qual vitamina dentre as alternativas, seria considerada solúvel em água. A alternativa correta seria a letra c. Como os mesmos ainda não tinham noção conceitual sobre compostos solúveis ou hidrossolúveis, polaridade ou apolaridade, foi sugerido que os mesmos identificassem intuitivamente, qual característica particular de uma vitamina em sua estrutura molecular diferenciava das demais. Foi solicitado que os alunos justificassem a sua escolha. Dos 22 estudantes que analisaram a questão 17 marcaram a alternativa correta. Como resposta foi dada as seguintes justificativas:

E1: A molécula apresenta H₂O.

E2: A molécula é mais fechada.

E3: não tem H₃C.

As análises feitas pelos estudantes, apontam neste aspecto, que foi possível através das fórmulas estruturais por traços identificar a propriedade (no caso ao aspecto hidrossolúvel) da respectiva vitamina. Embora os estudantes confundissem o termo hidroxila, por molécula de H₂O, foi constatado que havia a possibilidade de diferenciar a vitamina das demais outras. Nas justificativas propostas pelos estudantes, está clara a dificuldade em associar os conceitos de polaridade e solubilidade. Entretanto, dado o nível elevado de acertos, pode-se constatar que o raciocínio utilizado foi baseado na perspectiva da visualização da molécula e na explicação intuitiva. A diferenciação da estrutura da vitamina C, em função da sua quantidade maior de hidroxilas foi o indicativo ou pista para o que estudante chegasse à conclusão do caráter hidrossolúvel da molécula. Esta forma de descoberta, utilizando de procedimentos intuitivos pode-se caracterizar como método abduutivo e pode servir como ponto de partida para compreensão de determinados conceitos de química.

A estrutura molecular apresenta aspectos semióticos de caráter indicial, uma vez que sua representação remete aos aspectos de polaridade em função de estrutura visual. Na perspectiva triádica periana, os 17 estudantes que acertaram a questão, ao analisarem as respectivas moléculas (perceber), realizaram uma atividade de comparação entre solubilidade e presença de hidroxilas (relacionar) e consolidação da noção de hidrossolubilidade (conceituar), conduzindo assim para a reelaboração de novas semioses no entendimento da temática.

Ainda no tocante dos juízos químicos, o fato dos estudantes não dominarem conceitos básicos de química, permitiu por meio de processo abduutivo, identificar a molécula corretamente em função de uma compreensão que envolve análise de caráter intuitivo. No aspecto da transdição, foi possível inferir propriedades observáveis (hidrossolubidade) de entes não observáveis (moléculas de vitamina). Procurou-se nessa tentativa de trabalho que os estudantes compreendessem a noção de existências de entes submicroscópicos, representados por estruturas moleculares e que esses entes apresentam propriedades químicas que podem inferidas em função de constituição arquetônica.

Na questão 2, os alunos deveriam identificar a função ativa de um fármaco em função de sua estrutura molecular. A alternativa correta seria a letra a. Constatou-se que 21 alunos acertaram a questão. Dentre as justificativas apontadas pelos estudantes estavam as seguintes afirmações:

E1: A molécula apresenta forma de tetraedro

E2: As ligações são simples

E3: As alternativas têm mais de uma ligação

Nas justificativas apresentadas acima, o estudantes apresentaram explicações baseados em conceitos que foram trabalhados anteriormente como as noções de ligações (simples, duplas triplas) e sua correlação com a geometria molecular. O aprendizado partindo da tricotomia peirciana (perceber, relacionar, conceituar), conduziu a uma noção de articular noções indiciais, simbólicas e icônicas, permitindo que estes compreendessem a relação da representação molecular do fármaco e sua função dentro de uma atividade biológica.

No âmbito da dimensão transditiiva, foi possível perceber mais uma vez a capacidade de inferir propriedades observáveis (ação eficaz de um medicamento) em função de entes não observáveis (estrutura tridimensional de uma molécula). A atividade proposta, portanto, possibilitou através das representações em química, articular saberes e conceitos, correlacionando a linguagem científica com aspectos do cotidiano. Compreender os conceitos básicos de química orgânica implica neste aspecto articular as dimensões macroscópicas, simbólicas e representacionais permitindo que o estudante possa reelaborar os seus conceitos, inter-relacionar, desenvolver novas semioses e desenvolver construtos teóricos.

3.2.3 Produzindo jornal científico pela integração dos juízos químicos e semiótica química

Na aula 9,10 e 11 foi proposto da atividade de produção do Jornal Científico com o intuito dos estudantes estabelecerem relações das estruturas representacionais com temas do cotidiano, permitindo que houvesse contextualização dos conteúdos de química. Os compostos orgânicos não podem ser estudados de forma isolada, sem um nexo, mas inseridos na vivência social. No desenvolvimento da linguagem científica, foi proposta a atividade de produção do jornal, estimulando que os alunos no desenvolvimento de pesquisa articulassem linguagem escrita, oral, representacional, associação de signos simbólicos e indiciais, icônicos, promovendo orquestração de componente multimodal, no sentido de contextualizar as temáticas propostas na disciplina de química orgânica. A proposta didática implica em propiciar um ensino de ciências no qual o aluno é protagonista da construção dos saberes. Desse modo eles podem fazer uma leitura da realidade, desenvolvendo habilidade de articulação da linguagem científica e inserindo-os na discussão das problemáticas sociais e consolidando uma visão mais abrangente dos saberes científicos. O jornal elaborado pelos estudantes baseou-se na pesquisa dos compostos orgânicos que eles haviam pesquisado ao longo da sequência didática.

Figura 13: Produção de Jornal Científico

JORNAL DA QUÍMICA

Aguardente que matou 35 pessoas na Bahia, continha metanol.

A cachaça artesanal, que já matou 35 pessoas na região sudoeste da Bahia, continha grande quantidade de álcool metílico - mais conhecido como metanol. O laudo do Departamento de Polícia Técnica do Instituto Médico Legal do estado apurou que, nas sete amostras de cachaça colhidas nos bares da região, a proporção de metanol para cada 100 ml de álcool varia entre 2,85 e 20 ml. A quantidade aceitável seria de 0,25 ml por 100 ml.



Cerca de 400 pessoas já apresentaram sintomas de envenenamento na região e as autoridades já apreenderam cerca de 10 mil litros de aguardente no comércio local. Para a Secretária de Saúde, há duas hipóteses para a contaminação da bebida. Alguns produtores poderiam ter misturado o metanol ao álcool para aumentar a produção. A segunda forma de contaminação estaria ligada aos vasilhames da aguardente. Os donos de alambiques clandestinos teriam reutilizado vasilhames plásticos para o transporte de produtos químicos, como o metanol ou a acetona. As autoridades do estado já fecharam diversos alambiques clandestinos na região. O comerciante Carlos Andrade, conhecido como "Araponga", teve prisão preventiva decretada e está foragido. Ele é dono de um dos alambiques que produziam e forneciam a cachaça artesanal para os bares e mercearias. Não é a primeira vez que a Bahia enfrenta problemas pela contaminação de bebidas. No ano passado, morreram 11 pessoas no interior do estado pelo mesmo motivo.

Fonte: trabalho desenvolvido por estudantes

Como proposta para fazer uma avaliação acerca do desenvolvimento da sequência didática trabalhada com os alunos, foi aplicado na aula de número 12, um questionário para investigar possíveis aprendizagens e identificar a opinião dos estudantes sobre a sequência didática

Na questão 1 foi proposto identificar qual estrutura molecular era considerada não-planar. Dos 22 alunos que responderam a questão, 10 conseguiram acertar a alternativa e justificar apontando como argumento, o fato da estrutura ser planar. Neste aspecto houve entendimento do grupo acerca de concepções sobre estrutura

molecular e articulação dos conhecimentos sobre as representações indiciais e simbólicas das estruturas moleculares.

Na questão 2 foi feita a seguinte pergunta: “O que você entende por combustão? Elabore um esquema ou representação do processo de combustão.” A grande maioria dos alunos apontaram respostas condizentes com a pergunta:

E1: Acontece quando reage com gás oxigênio e produz calor

E2: É quando o combustível reage com comburente. É exotérmico e produz calor

E3: Libera luz. É necessário oxigênio. Há queima de elétrons

As respostas acima demonstram que estudantes conseguiram apreender conceitos que fazem parte da noção de combustão tais como combustível, comburente, calor e processo exotérmico. Eles puderam perceber que para que haja o processo de combustão existem componentes fundamentais nesse processo. Cabe refletir sobre o fato do estudante se referir à combustão enquanto “queima de elétrons”. A explicação do estudante aponta para uma concepção alternativa sobre o que ele entende no processo de combustão. A explicação do aluno, pode se refletir na não compreensão de outros conceitos que envolvem a explicação da combustão tais como oxirredução, transferência de elétrons e recombinação das ligações das ligações química. Em outras palavras está presente a dificuldade em compreender a natureza do comportamento do elétron. As concepções alternativas que o estudante constrói ao longo da vida estudantil podem ser vistas como reflexo das lacunas de aprendizagem que acumulam do decorrer da vida. Aqui estamos diante do desafio de discutir conceitos anteriores de química (ligações químicas. Oxirredução, etc) para que o aprendizado se torne mais aprofundado.

Com relação ao processo de representação, apenas 1 aluno elaborou o desenho que explicasse o significado de combustão, conforme mostrado abaixo:

Figura 14: Representação da combustão



Fonte: desenho produzido por aluno.

Partindo da análise da questão 2, percebe-se que embora os estudantes compreendessem o conceito de combustão, - e expressando de forma escrita, os mesmos ainda não desenvolveram habilidades de representar o fenômeno por outros recursos (seja em diagramas, equações, desenhos ou fórmulas estruturais). Apenas 1 estudantes por meio de desenho utilizou uma representação que tem como componente semiótico um valor indicial (o desenho da chama).

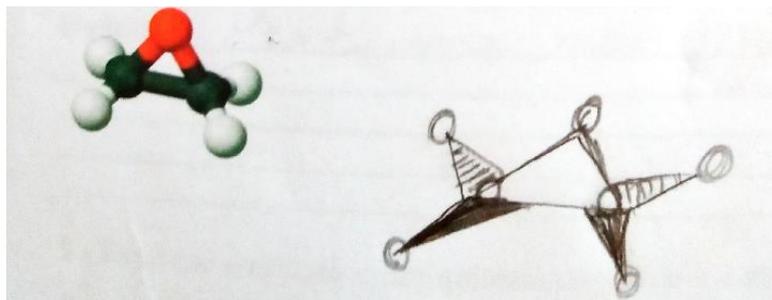
O desenho desenvolvido pelo estudante aponta para uma representação direcionada para o universo macroscópico (no caso a chama), sem que o mesmo construísse signos que indicassem a dimensão submicroscópica (entes atômicos e moleculares). A questão proposta demonstra a dificuldade que os estudantes apresentam em transpor conceitos verbais ou orais em construções icônicas, diagramáticas ou elaborações matemáticas. Esta dificuldade advém quando o conceito não está apreendido pelo aluno. Tal situação se reflete também na dependência que o estudante apresenta em compreender os fenômenos da natureza sob a perspectiva da dimensão sensorial (brilho e calor).

O desafio, no processo educacional é que o aluno desenvolva a competência na linguagem científica para que eles possam transpor os conceitos baseados na perspectiva concreta, direcionando-o para uma apreensão abstrata. Nesse quesito, a proposta didática apresentou lacunas para a apropriação da linguagem química e habilidade necessária para transitar entre as diversas formas de representação em química.

Na questão três foi proposto representar uma estrutura de bola-vareta, utilizando as convenções de linhas, cunhas tracejadas e cunhas preenchidas. O

desenho abaixo demonstra de modo geral como alguns estudantes elaboraram a representação da molécula de óxido de etileno.

Figura 15: Representação da molécula em traços



Fonte: desenho produzido por aluno.

Partindo das repostas dos estudantes, constatou-se que poucos estudantes representaram corretamente as moléculas, usando as regras adequadas. Como se pode observar na figura 15, o aluno conseguiu desenhar corretamente as convenções de linhas tracejadas e linhas preenchidas, entretanto na parte onde deveria colocar os símbolos do carbono e do oxigênio, foram utilizadas apenas algumas bolas. A estrutura icônica apresentada acima aponta para a dependência do estudante em utilizar convenções atreladas às ferramentas físicas ligadas às similares aos que foram utilizadas na construção de bolas-varetas de isopor. Estas dificuldades apontam para a dificuldade dos estudantes em transpor estrutura indiciais e icônicas para representações de natureza simbólica.

Na questão 4 foi feita a seguinte pergunta: “Qual(is) recurso(s) você considerou mais significativo no aprendizado de química orgânica? (representação bola-vareta, software Molview, Jornal científico e outros)? Dos 22 estudantes pesquisados, 2 alunos não responderam, 10 alunos apontaram a representação bola-vareta, 7 o software Molview e 3 o jornal científico.

Para justificar a preferência pelo Jornal científico foram feitas as seguintes afirmações:

E1: Existe mais teoria e não é só visual.

E2: Existem elementos capazes de matar o ser humano.

E3: A química está presente no dia-a-dia.

Com relação Ao software Molview foi destacado os seguintes argumentos:

E4: A visualização da estrutura molecular é mais prática e simplificada

E5: A gente pode aprender usando o celular,

E6: Dá pra ver a molécula de varias formas

Com relação à forma de representação de estrutura bola-vareta percebeu-se uma variada gama de justificativas apontando como recurso ideal para o aprendizado de química. As justificativas apresentadas foram as seguintes:

E7: Dá para entender a molécula em 3D

E8: fica mais fácil a visualização

E9: Dá pra fixar o conteúdo na prática

E10: Dá pra saber se é plano ou não plano

E11; você constrói a molécula e dá pra ver de forma diferente.

Na questão 5 foi feita a seguinte pergunta: “Quais as dificuldades você encontrou na aprendizagem dos conteúdos de química orgânica?” Alguns estudantes deram as seguintes respostas:

E1: Não tive muita dificuldade para aprendizagem de química orgânica. É um assunto muito legal de aprender.

E2: A falta de informações mais complexas que dá a facilidade de melhor aprendizagem.

E3: Não entendi alguns processos, como por exemplo a combustão.

E4: Entender os elementos, significados, siglas e o assunto é complexo de entender.

E5: Entender determinados assuntos sobre moléculas e o processo da molécula.

As respostas dos estudantes enfatizam as preocupações decorrentes de aspectos conceituais, como por exemplo, fato de não compreender o que é combustão ou entendimento dos significados de aspectos da linguagem da química. Muitos

alunos não quiseram responder esta pergunta e outros demonstram não sentir dificuldade em aprender o conteúdo em química. Por outro lado não houve questionamento acerca da dificuldade em utilizar os recursos semióticos. Poucos afirmaram dificuldades em compreender as representações em química.

Na questão 6 o aluno é indagado sobre a relação entre química orgânica e seu cotidiano. As respostas foram as mais variadas:

E1: Nos remédios que usamos, nos temperos e tal.

E2: É responsável pelos inúmeros processos que ocorrem nos seres vivos.

E3: É importante saber os problemas que determinados elementos causam.

E4: Está em nosso organismo em forma de proteínas, lipídios e carboidratos.

A fórmula dessas substâncias é formada por oxigênio, hidrogênio e carbono.

E5: Por que no cotidiano usamos química em várias coisas, como gás de cozinha e etc.

E6: Na alimentação, até em nosso organismo na forma de proteínas, lipídios e carboidratos. A composição de açúcares, de glicose, celulose se resume em carbono, hidrogênio e oxigênio.

As respostas apresentadas pelos estudantes demonstraram que alguns estudantes assimilaram alguns conceitos como matéria orgânica, proteínas e lipídios. A sequência didática enfatizando a presença dos hidrocarbonetos, compostos oxigenados e nitrogenados no cotidiano possibilitou uma identificação da disciplina de química orgânica associando-a como substâncias do cotidiano tais como o gás de cozinha, medicamentos e a alimentação.

3.3 Linhas hipotéticas

A partir das descrições acima podemos tecer algumas afirmações gerais acerca do nosso estudo. Uma primeira é que há uma ausência de estudos sobre juízos químicos, estes são estudados sem serem decodificados. Há assim uma necessidade de nominar estes juízos químicos, torná-los analíticos e possíveis de serem integrados ao ensino de química.

Um segundo é que o fundamento teórico da semiótica, associado a compreensão da linguagem química é uma ferramenta importante para o

planejamento didático do professor. O juízo da transição, apesar de ser usado rotineiramente na química não foi ainda decodificado. No nosso estudo foi identificado, que, uma vez usado de forma explícita e orientado, facilita, tanto o aspecto didático como a aprendizagem em química.

3.3.1 Importância da integração dos recursos multimodais

Diante dos comentários acima apresentados, constata-se a importância de utilizar os diversos recursos multimodais para a apropriação do conhecimento. Cada modo de representação desempenha papel importante na mediação e compreensão dos conceitos sobre química. Porém, entre todos os procedimentos didáticos, a estrutura física de bola-vareta suplantou os outros demais recursos. Há, neste aspecto, uma dependência por parte dos alunos de compreensão dos entes químicos em função de qualidades semióticas de dimensão simbólica e também indicial. Apoiando-se nas discussões teóricas propostas por Gois e Giordan (2007), podemos compreender que o objetivo dos educadores é o que estudante desenvolva um aprendizado na qual é transposto o conhecimento dos entes química, numa relação indicial e icônica para uma relação de caráter mais simbólica. Em outras palavras as abstrações em química devem se desenvolver em um processo contínuo de modo que a linguagem permita consolidar os construtos teóricos.

3.3.2 Importância do software Molview e a visualização de moléculas

Com relação ao software Molview, houve algumas contribuições do ponto de vista tecnológico para compreensão e visualização de determinados compostos orgânicos. O programa foi utilizado de forma conjugada para a elaboração de estruturas de bola-vareta e produção do Jornal Científico. Como apontado pelos alunos, a utilização do recurso computacional permitiu potencializar a percepção da molécula em sua arquitetura, estrutura dos ângulos, rotação e visão dinâmica da molécula. Assim entende-se que com o “uso das tecnologias, é possível visualizar de forma dinâmica e integrada as representações, possibilitando uma compreensão holística da linguagem química e dos conceitos associados”. (GOIS e GIORDAN, 2007)

A utilização do recurso tecnológico Molview pode ser entendida como um recurso modal que potencializa a aprendizagem em química possibilitando desenvolver situações de affordance positiva e potencializando a compreensão de estruturas moleculares no âmbito da química orgânica. Todavia os recursos tecnológicos devem ser trabalhados num processo de articulação com a sequência didática proposta. “Deve-se partir do princípio que um software não funciona automaticamente como desencadeador do processo de aprendizagem, mas deve-se considerar que o sucesso depende de sua integração ao currículo e às atividades em sala de aula.” (SILVA, 2007, p, 45)

3.3.3 Interdisciplinaridade com a Biologia

A proposta trabalhada com os estudantes possibilitou que estes estabelecessem uma relação interdisciplinar com a biologia. Os alunos puderam através da consolidação do conceito de química orgânica, associar as estruturas moleculares constituídas de carbono, hidrogênio e oxigênio, com conceitos trabalhados na biologia tais como proteínas, glicose, celulose e estrutura dos seres vivos.

Em uma perspectiva geral pode-se dizer que a sequência didática foi oportuna, tanto para demonstrar as potencialidades de aprendizado que advém do seu processo, como para identificar lacunas que se tornaram evidentes na consolidação dos saberes científicos.

3.3.4 Recursos semióticos (icônicos, indiciais e simbólicos) melhoram a aprendizagem química

Considerando a tricotomia primeiridade/secundidade/terceirdade, os recursos multimodais propiciaram ressignificação por parte dos alunos na compreensão do que são os compostos orgânicos, de que forma eles podem ser representados, de que maneira estão presentes na natureza e quais suas propriedades químicas. De modo geral, os estudantes desenvolveram signos bem mais elaborados, produzindo assim

interpretantes capazes de sedimentar construtos teóricos, possibilitando domínio dos conceitos abordados.

Na dimensão dos recursos icônicos, indiciais e simbólicos, a combinação de recursos multimodais propiciou uma aprendizagem em química mais abrangente, através de comunicação dinâmica, contextualizada. Neste aspecto foi possível constatar que os estudantes estabeleceram relação entre fórmulas condensadas, representações de cunhas, recursos de bola-vareta, inferências de propriedades químicas dos compostos orgânicos e o desenho arquitetônico molecular. Deste modo o estudante pode, à partir da leitura das representações moleculares, compreender a função que as moléculas exercem nos processos químicos.

Em relação aos obstáculos apontados, estavam em evidência as dificuldades que estudantes apresentavam em transpor conceitos de química para outras formas de representação (equações, diagramas, estruturas pictóricas). No caso da representação da combustão utilizando outros recursos modais se tornou evidente durante a aplicação do questionário. Esses obstáculos poderiam ter como causa a não consolidação de conceitos científicos que provavelmente não foram bem explanados ao longo do processo de pandemia. No âmbito geral a proposta didática serviu de subsídio para que algumas concepções de químicas pudessem se apropriadas pelos estudantes.

Considerações finais

O estudo acerca da teoria da semiótica pode propiciar reflexões acerca dos obstáculos na aprendizagem nas ciências de modo geral e mais especificamente na química, constatando que os desafios não se limitam somente aos conteúdos e construções conceituais, mas, sobretudo nos processos de representação.

Nos estudos desenvolvidos por Wartha e Rezende (2015), existe a compreensão de que a aprendizagem da linguagem química se baseia na tríade perceber-relacionar-conceituar. O estudante percebe o mundo que o cerca mediado pelos os signos. Estes signos por sua vez são reestruturados para que novos signos sejam construídos. Isto permite que os construtos teóricos sejam mais bem elaborados para que o estudante possa estruturar os conceitos que fazem parte da linguagem científica. As semiose são infinitas e daí decorre que a aprendizagem é um processo constante e inacabado. Aprender química é, sobretudo aprender uma nova forma de linguagem. É oportuno salientar que a aprendizagem em química não pode se restringir apenas á comunicação escrita/ oral ou lógico-matemática, mas, sobretudo representacional.

No processo de aprendizagem, os estudantes podem fazer construções simbólicas (imagens, figuras, diagramas) e estas construções não podem ser entendidas apenas como recursos meramente ilustrativos, mas parte integrante do processo de ensino e aprendizagem. A química é em essência uma ciência representacional - ela opera com entidades submicroscópicas, que só podem se inferidas através de suas estruturas simbólicas. Aprender química implica, portanto, dominar uma nova forma de linguagem.

Partindo destes pressupostos, é imprescindível pensar em sequências didáticas e concepções pedagógicas que possam levar em consideração a questão da multimodalidade, resignificando a ciência, possibilitando que o aluno desenvolva uma percepção mais dinâmica, mais criativa e intuitiva. Diante deste aspecto ao conjugar a tríades perceber-relacionar e conceituar, o professor, junto com os alunos se utiliza de diversos recursos didáticos no processo educacional, estimulando os estudantes através da apropriação de recursos multimodais, promovendo articulação dos conteúdos contextualizados e favorecendo a organização do pensamento.

O conceito de semiótica e multimodalidade fornecem o arcabouço científico para que o professor desenvolva um trabalho que englobe as construções pictóricas e imagéticas. Os conceitos, leis e teorias podem ser assimilados pelo estudante a partir do momento em que se desenvolvem as competências e habilidades o que pode propiciar a apropriação da linguagem química. Estas competências e habilidades residem na interpretação de conceitos, códigos, símbolos, nomenclaturas, diagramas, e na capacidade de compreender a partir da linguagem científica os fenômenos da natureza. Também é necessário que o estudante se aproprie dos recursos tecnológicos para desenvolver o aprendizado na área de Ciências da Natureza.

O trabalho desenvolvido em sala de aula - utilizando tanto estruturas concretas (modelo bola vareta), bem como ferramentas virtuais (software Molview), aliadas às aulas expositivas escrita/oral - contribuiu substancialmente no embasamento conceitual, consolidando concepções de química e promovendo uma percepção mais ampla das estruturas moleculares. Esses modos comunicativos possibilitaram construir novas semioses, melhorando a interpretação dos símbolos químicos e correlacionados com os entes químicos. Desse modo é possível garantir que o estudante se torne um ser ativo, protagonista do saber e capaz de pensar a química a partir de uma postura mais crítica e investigativa.

Bibliografia

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: 2018.

DANGELO, L.; REZENDE, C. M.; ARAUJO NETO, W. N. **Um Estudo Semiótico Sobre o Conteúdo de Formas Exordiais de Representação do Espaço na Química Orgânica no Final do Século XIX.** Rev. Virtual Química, 2020.

FAVA, Rui. **Aprendizagem dedutiva, indutiva e abdutiva na educação.** PLEIADE Publicação Técnico-Científica da Uniamérica VOL. 12 – N. 26 – JUL. / DEZ. - 2018

VERGENNES Dhyymi Samuel. **Estudo das affordances para aprendizagem dos conceitos de perspectiva holográfica, em óptica física, por meio de um simulador de hologramas, para o ensino médio.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2017

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOIS Jackson; GIORDAN Marcelo. **Semiótica na Química: a teoria dos signos de Peirce para compreender a representação.** Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, nº 7, dezembro/2007.

QUADROS, Ana Luiza de; GIORDAN, Marcelo. **Rotas de transição modal e o ensino de representações envolvidas no modelo cinético molecular-** IENCI- Investigações em Ensino de Ciências – 2019

GONZALES, Isadora Melo.; SILVA José Luis P. B. **Semiótica no ensino da composição química dos materiais.** XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC –2017.

HARRÉ Rom. **New Tools for Philosophy of Chemistry** HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry - 2014.

XAVIER, Regina Patrícia de Souza; QUINTELLA, Solange Assunção; JUNIOR, Silvio Gentil Jacinto; PIRES, e Andreza Maria Lima. **Análise das dificuldades dos alunos no componente curricular de química a partir dos conteúdos abordados no ENEM.** Research, Society and Development, v. 10, n. 2021. Disponível em: file:///C:/Users/PC/Downloads/23523-Article-280795-1-10-20211203.pdf

KHATIBI Mina; SHEIKHOESLAMI Razieh. **Gibson's Ecological Theory of Development and Affordances: A Brief Review.** The International Journal of Indian Psychology – 2015.

LABURU, Carlos Eduardo., SILVA, Osmar Henrique Moura da. **Multimodos e múltiplas representações:** fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. *Investigações em Ensino de Ciências* – V16(1), pp. 7-33, 2011.

MANDELBAUN, Maurice. **Philosophy, Science and Sense Perception. Historical and critical studies.** John Hopkins University Press, 2019

NETO, Agostinho Serrano; RAUPP, Daniele e MOREIRA, Marco Antônio. **A evolução histórica da linguagem representacional química:** uma interpretação baseada na teoria dos campos conceituais. Florianópolis, SC –2009

OCHIAI Hirofumi. **Philosophical Foundations of Stereochemistry.** HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry, Vol. 21 -2015.

QUADROS, Ana Luiza de (org). **Representações Multimodais no ensino de Ciências: compartilhando experiências.** Coleção: perspectiva em ensino de Ciências. Curitiba- 2020

PEIRCE, Charles Sanders. **Semiótica**, 3ª Ed. São Paulo: Perspectiva, 2005.

RIBEIRO, Marco Antônio Pinto.. **Integração da Filosofia da Química no Currículo de Formação Inicial de Professores.** Contributos para uma filosofia no ensino. Tese doutoral. Universidade de Lisboa: Lisboa, 2014

ROMANINI, Vinicius. **A Contribuição de Peirce para a Teoria da Comunicação.** Casa: Cadernos de Semiótica Aplicada, v. 14, n.1, 2016.

ROJAS, J. Leal, LEAL, Linda A. **Affordance: constructo para la compresión y transformación del aprendizaje em contextos intreculturales.** Tecné, Epistme y Didaxis. 2017.

ROQUE Nídia Franca e José Luís P. B. SILVA. **A linguagem química e o ensino da química orgânica.** Universidade Federal da Bahia, 2008.

ROZENTALSKI Evandro e PORTO Alves. **Diagramas de energia de orbitais em livros didáticos de Química Geral: uma análise sob o viés da semiótica Peirceana,** USP: 2018

SANTOS, José Francisco. **Afiando a Máxima Pragmática: um comentário ao texto pragmatismo e abdução de Charles Sanders Peirce.** Revista na UNIFEBE, 2002

SEIBERT, Charles. *Charley Peirce's Head Start in Chemistry*, 2001

SERRA, Paulo. **Peirce e o Signo como Abdução.** Universidade da Beira Interior. Ubibliorum, 1996

SILVA, Jackson Gois da. **A significação de representações químicas e a filosofia de Wittgenstein.** Universidade de São Paulo, 2012

SILVA, Jackson Gois da. **Desenvolvimento de um ambiente virtual para estudo sobre representação estrutural em Química.** Universidade de São Paulo, 2007

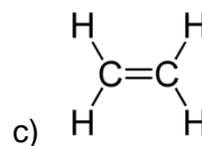
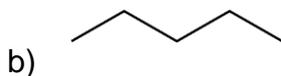
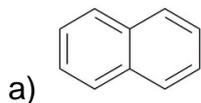
SOUZA, Jesaías da Silva. **Abdução e a produção do conhecimento matemático.** Rio Claro, Dissertação – (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2020.

WARTHA Edson José; REZENDE Daisy de Brito. **A elaboração conceitual em química orgânica na perspectiva da semiótica Peirceana.** Ciênc. Educ., Bauru, v. 21, n. 1, p. 49-64, 2015.

ANEXOS

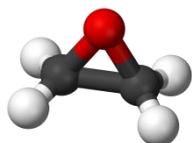
Questionário sobre sequência didática de química orgânica

1- Qual modelo abaixo pode ser considerado não planar? Justifique.



2) O que você entende por combustão? Elabore um esquema ou representação do processo de combustão.

3) Represente a estrutura do óxido de etileno utilizando o modelo de cunha tracejada e cunha preenchida.



4- Qual(is) recurso(s) você considerou mais significativo no aprendizado de química orgânica? (modelo bola-vareta, software Molview e Jornal Científico). Explique o motivo.

5 – Quais as dificuldades você encontrou na aprendizagem dos conteúdos de química orgânica? _____

6 – Explique a relação entre química orgânica e seu cotidiano.
