

Apropriação conceitual e representações químicas: um estudo na formação inicial

Fabiele Cristiane Dias Broietti¹, Miriam Cristina Covre de Souza², Willian Floret de Castro³

¹Doutora em Educação para a Ciência pela Universidade Estadual de Maringá, Professora da Universidade Estadual de Londrina (UEL/Brasil)

²Doutora em Ensino de Ciências pela Universidade Estadual de Londrina, Professora da SEED/PR

³Graduando do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Estadual de Londrina (UEL/Brasil)



Conceptual appropriation and chemical representations: a study in initial formation

Informações do Artigo

Palavras-chave:

Conceitos químicos; Aprendizagem; Representação; Licenciandos

Key words:

Chemical concepts; Learning; Representation; Graduates

E-mail: fabieledias@uel.br

ABSTRACT

In this work, it was investigated how undergraduates understand some chemical concepts, what are their main difficulties and how they deal with different representational forms. To do so, students answered questions that they sought to investigate: the criteria chosen to classify a list of substances/materials expressed by common and scientific names; if the students used the same criteria about formulas and/or names of some substances, and if they understood the concept of a molecule as a fixed combination of atoms. The results indicated that the students chose four classification criteria for the listed substances/materials; they presented confusion between the concepts of substance and mixture; difficulties in relating the macro and micro levels for the same material; and, conceptualize molecule as a fixed combination of atoms. These aspects highlight the complexity of approaching some chemical concepts with students, as well as the relevance of working with the interpretation of different representations and the ability to integrate them into scientific discourse.

INTRODUÇÃO

A Química é uma área do conhecimento que estuda fenômenos do mundo natural usando entidades como átomos, moléculas, íons, etc. E todas essas “entidades” fazem parte de um mundo submicroscópico, que precisa ser entendido/representado adequadamente, para que os estudantes possam aprender os conceitos abordados em sala de aula. Distintas pesquisas na área de Ensino de Ciências apontam que a aprendizagem dos conceitos científicos pode ser desenvolvida a partir da compreensão dos diversos modos utilizados para representá-los, e neste sentido, aprender tais conceitos envolve a capacidade de relacioná-los com diferentes modos representacionais (KLEIN; LABURÚ, 2012).

No ensino de Química são usadas representações para átomos, moléculas, transformações químicas e mecanismos de reações; esses componentes representacionais foram e são fundamentais no processo de construção da química (WARTHA; REZENDE, 2017). Segundo os autores, é de se esperar que a aprendizagem do conhecimento químico também ocorra por meio de aspectos relacionados a construção e compreensão dessas representações, e que os componentes representacionais desenvolvidos na química podem ser considerados como uma forma de linguagem. Assim, aprender a linguagem dessa ciência, tanto para o estudo quanto para a aprendizagem da ciência química, torna-se indispensável (WARTHA; REZENDE, 2017).

A familiarização com a linguagem da ciência ocorre concomitantemente com a aprendizagem dos conteúdos. Nesse sentido, as dificuldades de aprendizagem da linguagem da Química não podem ser separadas das dificuldades de aprendizagem dos conteúdos químicos, pois a compreensão de ambas é simultânea.

Pozo e Crespo (2009) apontam que os estudantes apresentam dificuldades em compreender alguns conteúdos químicos devido à grande quantidade de leis e conceitos apresentados, além do caráter de abstração exigido por essa área. Souza e Cardoso (2008) ainda descrevem que a dificuldade do ensino e da aprendizagem em Química está relacionada à falta de compreensão de sua linguagem no nível macroscópico, simbólico e microscópico, uma vez que, segundo os autores, é fundamental a livre transição entre esses três níveis para a apropriação conceitual.

Desse modo, consideramos importante que o professor utilize, em suas aulas, múltiplas formas de representação, uma vez que estas podem possibilitar ao estudante a compreensão da Química em diferentes níveis. Considerando que cada modo comunicativo (verbal, gráfico, tabular, gestos, diagramático, experimentais, figurativos, etc.) contribui de forma a dar significado e explicitar conceitos, o uso de multimodos representacionais apresenta uma relação estreita com a aprendizagem significativa de conceitos (KLEIN; LABURÚ, 2012).

Neste contexto investigativo, realizou-se este estudo objetivando analisar como licenciandos de Química compreendem alguns conceitos químicos, tais como matéria, substância (simples e composta), mistura, átomo, molécula, quais suas principais dificuldades e como lidam com as diferentes formas representacionais.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES ACERCA DA APROPRIAÇÃO DE CONHECIMENTOS QUÍMICOS E DISTINTAS FORMAS REPRESENTACIONAIS

Como mencionado brevemente na seção anterior, aprender ciências envolve empregar distintas representações em uma variedade de contextos. Segundo Lemke (2003), estas diferentes representações conceituais são mais exitosas quando conseguimos transpor uma representação para outra e quando as empregamos de forma integrada.

Para Laburú, Barros e Silva (2011) o conhecimento das ciências, assim como a matemática apresentam uma estrutura comunicativa fundamentada em uma linguagem de grande diversidade simbólica, neste sentido, a aprendizagem de novos conceitos e de suas representações não é um processo que se pode separar, uma vez que não dissociamos a forma de representar os conceitos daquilo que eles significam.

Para os autores supracitados, há um crescente reconhecimento, nas pesquisas em educação científica, de que a aprendizagem dos conceitos e métodos das ciências são acentuados quando permanecem associados a compreensão de diferentes formas representacionais (LABURÚ, BARROS; SILVA, 2011).

Wartha e Rezende (2017) apresentam algumas considerações acerca de aspectos representacionais no âmbito da química. Os autores destacam estudos durante o século XIX, apresentando as primeiras tentativas de representação de entes químicos, procurando tornar “visíveis” átomos e moléculas.

Os autores ainda mencionam distintos estudos, relacionados a história da construção da ciência química, em que estudiosos da área buscavam construir representações que estabelecessem relações com os conceitos químicos estudados. Um dos exemplos mencionados pelos autores é a relação entre aspectos representacionais e conceituais mediante o Modelo de tensão angular de anéis de Adolf Baeyer (WARTHA; REZENDE, 2017). Os autores explicam que, por meio da representação–fórmula estrutural usada como modelo para explicar as diferenças de energia–“uma característica foi determinada e usada para relacionar as diferenças de energia e assim permitir explicações sobre o conceito de reatividade” (p. 183). Dessa forma, os autores mencionam:



[...] os componentes representacionais foram e são fundamentais no processo de construção da química. Portanto, é de se esperar que, também no âmbito do ensino de Química exista tal relação, ou seja, a construção do conhecimento químico é realizada, também, através de aspectos relacionados a construção e compreensão dessas representações. [...] Assim, para ensinar Química foi preciso desenvolver todo um sistema de representação formal, ou seja, uma linguagem própria, muito semelhante ao processo de construção da linguagem natural para que ocorra a comunicação entre professores e estudantes (WARTHA; REZENDE, 2017, p. 183).

Neste sentido, aprender Química significa também aprender a linguagem da Química e explorar as múltiplas formas representacionais do conhecimento químico. De acordo com Johnstone (1993), a aprendizagem da Química implica o entendimento de, no mínimo, três aspectos: o fenomenológico (nível macroscópico), a representação em linguagem científica (nível simbólico) e o entendimento do universo das partículas como átomos, íons e moléculas (nível microscópico). A compreensão e a conexão entre esses aspectos interferem no real aprendido e no domínio do conhecimento químico (Figura 1).

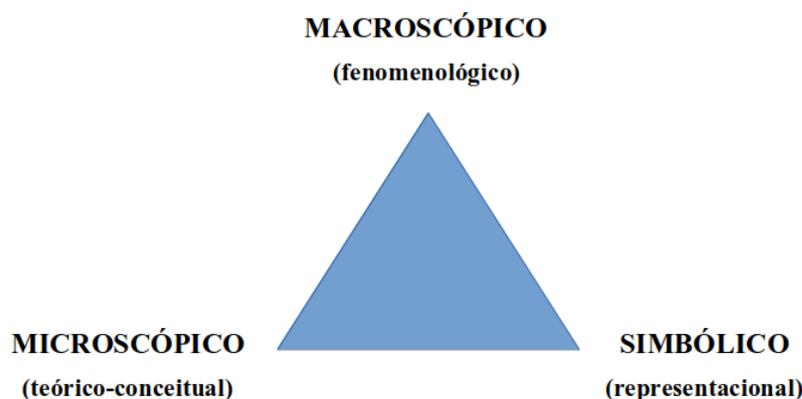


Figura 1: Triângulo de Johnstone. Representação dos níveis de compreensão do conhecimento químico. **Fonte:** Adaptado de Johnstone, 1993.

O nível macroscópico se refere à parte observável da Química, podendo ser descrita e mensurada a partir de propriedades como densidade, inflamabilidade, cor, odor, dentre outras. O nível microscópico fornece uma imagem mental, um modelo, de modo a se pensar e racionalizar o nível descritivo. Por fim, o nível simbólico configura a forma com a qual os químicos buscam representar as substâncias e transformações por meio de símbolos e equações, utilizando a linguagem científica (JOHNSTONE, 1982).

No Brasil, autores como Mortimer, Machado e Romanelli (2000), também distinguem três aspectos desse conhecimento, denominando-os como: (1) fenomenológico, (2) teórico e (3) representacional. O primeiro se refere aos aspectos visíveis e concretos, como a efervescência de um comprimido, a combustão de uma vela. O segundo abrange as explicações de natureza atômico-molecular, essencialmente abstratas e fundamentadas em modelos; refere-se a como a Ciência explica determinado fenômeno, utilizando conceitos de átomos, moléculas, íons, dentre outros. Por fim, o nível representacional abarca as representações por meio da linguagem científica, utilizando-se de equações, fórmulas, gráficos e símbolos.

Apesar de utilizarem terminologias diferentes, os níveis de Johnstone (1993) e os três aspectos de Mortimer, Machado e Romanelli (2000) apresentam muitas similaridades ao considerarem os três níveis de conhecimento: os fenômenos macroscópicos, as representações químicas ou simbólicas e o nível microscópico ou atômico-molecular.

Johnstone (1982) também menciona em seus artigos que os químicos têm facilidade em transitar livremente entre os três níveis, contudo, em sala de aula, os estudantes apresentam dificuldades nesta transição e, muitas vezes, não acompanham o raciocínio, não compreendendo os conceitos apresentados. É justamente essa carência de interconexão entre os níveis que acaba por contribuir com a falta de compreensão dos conceitos químicos, da interpretação das representações comumente utilizadas e vão se somando a outros desafios que acabam sendo entraves na aprendizagem (PAULETTI, FENNER; ROSA, 2013; SOUZA; CARDOSO, 2008; ROQUE; SILVA, 2008). As dificuldades de aprendizagem dos estudantes estão também associadas a não distinção em relação à linguagem comum e a linguagem científica. Estes tipos de linguagens fornecem sentidos diferentes para uma única palavra e, para os estudantes, em muitos momentos, esses diferentes sentidos se confundem.

Na literatura internacional também pode-se encontrar alguns trabalhos que investigaram as dificuldades dos estudantes quanto a aprendizagem da Química, bem como aspectos relativos a suas representações. Carnac e Kermer (2016) fizeram um levantamento em vários estudos e dentre as dificuldades relatadas estão: de utilizar símbolos químicos para representar a abreviação do nome das substâncias (TASKIN; BERNHOLT, 2014); de decodificar diferentes tipos de representações ou para interpretar o modelo subjacente da representação usada, por exemplo, SiO_2 é equivalente a Si_2O_4 (KEIG; RUBBA, 1993); os alunos têm uma concepção aditiva de compostos ao olhar fórmulas moleculares (BEN-ZVI et al., 1987), por exemplo no caso de CH_2O , em que veem o carbono ligado à água; ao analisarem uma equação química, usam manipulação aritmética simples, confundindo os coeficientes com os subscritos das fórmulas moleculares (SANGER, 2005); para aplicar regras e convenções sobre fórmulas químicas em reações químicas (CARRETTO; VIOVY, 1994); para interpretar uma equação química do ponto de vista microscópico, em que procuram soluções alternativas, porque não dominam o nível simbólico (LAUGIER; DUMON, 2004). Por fim, no trabalho de VLADUSIC, BUCAT; OZIC (2016), os autores relatam entendimento inadequado de muitos termos e símbolos, especialmente devido à confusão no caso de palavras com sons similares com diferentes significados e com significados diferentes de palavras do dia a dia e do contexto científico.

Os trabalhos apontam que as dificuldades não estão apenas relacionadas a compreensão dos conceitos e das representações envolvidas, mas sobretudo na capacidade de transladar entre diferentes formas de representação para um mesmo ente químico.

Diante do exposto, apontamos a necessidade dos estudantes em se familiarizarem com os significados da linguagem química durante os processos de aprendizagem, ou seja, consideramos que a aprendizagem significativa dos conceitos químicos não está desassociada da capacidade de aprender a representá-los e de compreender o que significam estas representações (TYTLER, PETERSON; PRAIN, 2006). Ainda concordamos com Pyburn et al. (2013) ao mencionarem que existe uma correlação entre habilidades de compreensão da linguagem Química e a performance nesta disciplina.

ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Considerando o objetivo deste estudo que consiste em investigar como licenciandos de Química compreendem alguns conceitos, tais como matéria, substância (simples e composta), mistura, átomo, molécula, quais suas principais dificuldades e como lidam com as diferentes formas representacionais, elaboramos um questionário, constituído por cinco itens, tomando como base o estudo de Canac e Kermen (2016).

Na pesquisa acima mencionada, que serviu de base para este estudo, as autoras investigaram as respostas de 603 estudantes franceses de diferentes níveis de ensino, dos quais 45 deles eram estudantes



universitários, buscando compreender como estes estudantes lidam com questões que envolvem nomes e fórmulas químicas.

No estudo em pauta, as questões propostas foram respondidas por 18 estudantes do primeiro ano de um curso de Licenciatura em Química de uma universidade pública do norte do Paraná, ao final do ano letivo de 2019, atividade que teve a duração de 20 minutos. Vale ressaltar que o trabalho faz parte de um projeto maior que teve aprovação do Comitê de Ética da Instituição dos pesquisadores¹.

Na questão 1 (Figura 2), os estudantes foram solicitados a agrupar e classificar uma lista de substâncias/materiais expressos por nomes comuns e científicos. Nesta questão, o objetivo foi identificar os critérios de classificação utilizados pelos estudantes. Os nomes comuns correspondiam exclusivamente a misturas: ar, carvão, óleo e leite. Os nomes científicos, como dióxido de carbono e metano, são conhecidos pelos estudantes e os demais, como peróxido de hidrogênio e ciclo-hexano, embora menos conhecidos, podem ser encontrados em livros didáticos de Química.

1- Coloque os nomes da lista abaixo em categorias/grupos. Nomeie categorias a sua escolha e especifique em quais destas categorias você colocaria os nomes listados abaixo:

Lista de nomes: ar; carbono; ciclo-hexano; carvão; peróxido de hidrogênio; óleo; dióxido de carbono; leite; metano.

Figura 2: Questão 1.

Fonte: Adaptado de Canac e Kermen (2016).

Nas questões 2 e 3 (Figura 3) foram sugeridos nomes e fórmulas químicas, respectivamente, para serem associados a quatro critérios (substância, mistura, molécula e átomo), em que os estudantes poderiam assinalar um ou mais destes. O objetivo das duas questões era identificar se os estudantes empregavam os mesmos critérios diante de algumas fórmulas e/ou nomes apresentados.

2- Indique o que cada nome representa para você (você pode assinalar mais de uma opção por linha):

Gás Oxigênio:	Substância <input type="checkbox"/>	Mistura <input type="checkbox"/>	Molécula <input type="checkbox"/>	Átomo <input type="checkbox"/>	Não sei <input type="checkbox"/>
Água:	Substância <input type="checkbox"/>	Mistura <input type="checkbox"/>	Molécula <input type="checkbox"/>	Átomo <input type="checkbox"/>	Não sei <input type="checkbox"/>
Ciclo-hexano:	Substância <input type="checkbox"/>	Mistura <input type="checkbox"/>	Molécula <input type="checkbox"/>	Átomo <input type="checkbox"/>	Não sei <input type="checkbox"/>
Metano:	Substância <input type="checkbox"/>	Mistura <input type="checkbox"/>	Molécula <input type="checkbox"/>	Átomo <input type="checkbox"/>	Não sei <input type="checkbox"/>
Carbono:	Substância <input type="checkbox"/>	Mistura <input type="checkbox"/>	Molécula <input type="checkbox"/>	Átomo <input type="checkbox"/>	Não sei <input type="checkbox"/>
Dióxido de carbono:	Substância <input type="checkbox"/>	Mistura <input type="checkbox"/>	Molécula <input type="checkbox"/>	Átomo <input type="checkbox"/>	Não sei <input type="checkbox"/>

3- Indique o que cada fórmula ou símbolo representa para você (você pode assinalar mais de uma opção por linha)

O ₂ :	Substância <input type="checkbox"/>	Mistura <input type="checkbox"/>	Molécula <input type="checkbox"/>	Átomo <input type="checkbox"/>	Não sei <input type="checkbox"/>
H ₂ O:	Substância <input type="checkbox"/>	Mistura <input type="checkbox"/>	Molécula <input type="checkbox"/>	Átomo <input type="checkbox"/>	Não sei <input type="checkbox"/>
C:	Substância <input type="checkbox"/>	Mistura <input type="checkbox"/>	Molécula <input type="checkbox"/>	Átomo <input type="checkbox"/>	Não sei <input type="checkbox"/>
CO ₂ :	Substância <input type="checkbox"/>	Mistura <input type="checkbox"/>	Molécula <input type="checkbox"/>	Átomo <input type="checkbox"/>	Não sei <input type="checkbox"/>
C ₂ H ₆ O:	Substância <input type="checkbox"/>	Mistura <input type="checkbox"/>	Molécula <input type="checkbox"/>	Átomo <input type="checkbox"/>	Não sei <input type="checkbox"/>
Fe:	Substância <input type="checkbox"/>	Mistura <input type="checkbox"/>	Molécula <input type="checkbox"/>	Átomo <input type="checkbox"/>	Não sei <input type="checkbox"/>

Figura 3: Questões 2 e 3.

Fonte: Adaptado de Canac e Kermen (2016).

Por fim, nas questões 4 e 5 (Figura 4) buscamos identificar se os estudantes compreendiam o conceito de molécula, como uma combinação fixa de átomos cujo número é constante, tanto fora quanto no contexto de uma equação química.

¹ Os dados e informações obtidos nesta investigação constituem parte da pesquisa aprovada pelo Comitê de Ética da universidade vinculada, sob o número CAEE 98056718.7.0000.5231, parecer n.º 3.120.489.

4- Para você, as seguintes fórmulas empíricas correspondem a mesma molécula?

H₂O e H₂O₂ sim não não sei

Explique:

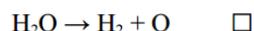
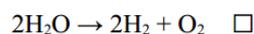
O e O₂ sim não não sei

Explique:

CH₄ e C₂H₈ sim não não sei

Explique:

5- A água pode ser decomposta em gás hidrogênio e gás oxigênio. Isso pode ser interpretado pela reação química na qual é representada por duas equações abaixo. Para você quais das seguintes equações é a correta?



Explique:

Metano e gás oxigênio podem reagir para formar dióxido de carbono e água. Quais das seguintes equações representam para você a forma correta da reação?



Explique:



Figura 4: Questões 4 e 5.
Fonte: Adaptado de Canac e Kermen (2016).

Considerando os objetivos e a temática da investigação, optou-se pelo desenvolvimento de uma pesquisa qualitativa de cunho interpretativo, tendo como pressupostos metodológicos os procedimentos e definições apresentadas por Bardin (2011) acerca da Análise de Conteúdo. Segundo a autora, esta análise pode ser organizada em três etapas, sendo estas a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados obtidos e interpretação.

A primeira etapa, pré-análise, consiste na organização e sistematização das ideias; nela ocorre a escolha dos documentos para análise, a retomada das hipóteses e dos objetivos iniciais da pesquisa. As respostas fornecidas pelos estudantes às questões propostas compuseram o *corpus* da pesquisa. Durante a exploração do material, desenvolve-se a codificação e, em seguida, a categorização por meio da fragmentação dos documentos, gerando unidades de busca e de registro; é nessa etapa que o pesquisador procura identificar e assumir se as suas categorias serão definidas *a priori* ou *a posteriori*.

Nesta pesquisa codificamos os estudantes seguindo a ordem em que eles entregaram os questionários. Assim, E2, por exemplo, corresponde ao segundo estudante do curso de licenciatura em Química a entregar o questionário respondido. No que diz respeito às categorias, assumimos inicialmente categorias *a priori* estabelecidas por Canac e Kermen (2016), tais como critérios macro/micro e substância /mistura e, após a análise dos dados, emergiram outras categorias, específicas do contexto deste estudo, que serão explicadas e apresentadas posteriormente. Por fim, no tratamento dos resultados buscamos interpretar o fenômeno estudado a fim de alcançar o objetivo pretendido. Na continuidade, apresentamos os resultados e discussão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a primeira questão, que consistia em agrupar e classificar uma lista de substâncias/materiais expressos por nomes comuns e científicos como carbono, ciclo-hexano, peróxido de hidrogênio, dióxido de carbono, metano, ar, carvão, óleo e leite, foram estabelecidos quatro critérios: orgânico/inorgânico²; macro/micro; substância /mistura e estados físicos da matéria. No Quadro 1 apresentamos os critérios estabelecidos, codificação dos estudantes e exemplos de respostas.

Quadro 1: Agrupamento das respostas obtidas para a Questão 1

Critério Único	Estudantes	Alguns exemplos de respostas
Orgânico/Inorgânico C1	E1; E7; E10; E15	Orgânicos: carbono, ciclo-hexano, carvão, óleo, leite, metano. Inorgânicos: ar, peróxido de hidrogênio e dióxido de carbono. (E1)
		Orgânicos: carbono, carvão, dióxido de carbono, ciclo-hexano, metano, leite. Inorgânicos: ar, peróxido de hidrogênio. (E10)
		Orgânicos: carbono, ciclo-hexano, dióxido de carbono, metano, óleo e leite Inorgânicos: peróxido de hidrogênio, ar. (E15)
Macro/Micro C2	E2; E8; E11; E16	Átomos: Carbono. Misturas: óleo, carvão, ar. Moléculas: dióxido de carbono, ciclo-hexano, peróxido de hidrogênio. (E2)
		Mistura: ar, óleo, leite. Molécula: metano, ciclo-hexano, peróxido de hidrogênio, dióxido de carbono. Átomos: Carbono. (E8)
		Substância: dióxido de carbono, peróxido de hidrogênio, metano, ciclo-hexano. Mistura: ar, leite, óleo, carvão. (E17)
Estados físicos da matéria C4	E6	Gasosos: ar, carbono, dióxido de carbono, peróxido de hidrogênio, metano, ciclo-hexano. Líquidos: leite, óleo. Sólidos: carvão. (E6)
Critérios Múltiplos	Estudantes	Alguns exemplos de respostas
C1 e C2	E4; E9; E13	Inorgânicos: peróxido de hidrogênio, dióxido de carbono Orgânicos: ciclo-hexano, carvão, óleo, leite, metano Elemento químico: carvão Mistura: ar. (E9)
C1 e C3	E14; E18	Orgânicos: carbono, ciclo-hexano, carvão, óleo, dióxido de carbono, leite e metano Inorgânicos: peróxido de hidrogênio Mistura: ar (E14)
C1, C3 e C4	E3	Compostos orgânicos: ciclo-hexano, peróxido de hidrogênio,

² Na história da Química, inicialmente foram considerados compostos orgânicos aqueles originários de organismos vivos (animais ou vegetais) e somente a partir de 1850, após a síntese da ureia pelo químico alemão Friedrich Wöhler, é que a Química orgânica começou a ser entendida como a parte da Química que estuda compostos de carbono (SOLOMONS, 2009; MORRISON; BOYD, 1992); excetuando-se os carbonatos e o dióxido de carbono, que mesmo apresentando carbono em suas estruturas, são estudados pela Química Inorgânica, por apresentarem propriedades mais próximas às dos compostos inorgânicos.



dióxido de carbono, metano, carvão
Líquidos: leite, óleo
Misturas: ar. (E3)

Fonte: Dados da pesquisa

No primeiro critério (C1), os estudantes agruparam de um lado materiais de origem animal, vegetal ou ainda compostos à base de carbono, incluindo nesta categoria, por exemplo, carbono, carvão, dióxido de carbono, ciclo-hexano, leite, óleo e metano, denominados por muitos deles como orgânico. E, de outro lado, materiais que não se enquadram na primeira categoria (por exclusão), como ar e peróxido de hidrogênio, denominados de inorgânicos.

Um segundo critério (C2) no qual as respostas dos estudantes foram alocadas foi denominado Macro/Micro (abreviação de Macroscópico/Microscópico). Segundo Urán (2017), o nível macroscópico corresponde às representações fenomenológicas, ou seja, às percepções sensoriais e descrições ou conclusões que podem ser estabelecidas a partir de uma percepção direta de um fenômeno, por meio de experimentos ou da vida cotidiana. Este nível descreve propriedades da matéria como forma, cor, odor, tamanho, volume, massa, entre outras. Já o nível microscópico equivale ao das representações de modelos que utilizamos na Química para propor uma possível explicação de um fenômeno. Nesse nível, são utilizadas entidades ou partículas como átomos, íons ou moléculas por meio das quais podemos apresentar explicações ou reflexões do tipo qualitativo.

Consideramos como “Macro” materiais cujos nomes faziam menção ao nível macroscópico como o leite, o óleo, carvão, sendo que para esses materiais os estudantes utilizaram a categoria “mistura”; e para o critério “Micro” foram considerados os demais materiais, classificando-os como átomos, elementos químicos ou moléculas, assim como realizado por Canac e Kermen (2016)

Para o critério “substância /mistura” (C3), os estudantes classificaram como substância os materiais carbono, dióxido de carbono, peróxido de hidrogênio, metano, ciclo-hexano, ou seja, materiais constituídos por um único tipo de átomo e/ou molécula. E como mistura, ar, leite, óleo e carvão, materiais constituídos por mais de uma espécie química. Apesar de neste critério os estudantes também utilizarem o nome “mistura”, o sentido atribuído é diferente do conferido no critério “macro/micro”. Quando os estudantes utilizam o termo mistura, acompanhado de termos como átomos, elementos químicos ou moléculas, associamos tal termo à categoria C2. E quando o termo mistura aparece fora desse contexto, consideramos como C3.

Para o quarto critério, “estados físicos da matéria” (C4), os estudantes classificaram os materiais em sólido, líquido e/ou gasoso à temperatura ambiente. Por exemplo, separaram em líquidos os materiais leite e óleo; em sólidos, o carvão, e em gasoso, as espécies que se diferenciavam das demais, como: ar, ciclo-hexano, metano, carbono, e peróxido de hidrogênio³.

³ Os materiais ciclo-hexano e peróxido de hidrogênio são líquidos à temperatura ambiente. Apesar dos equívocos conceituais de alguns estudantes, focamos nossas análises, para esta primeira questão, nos critérios escolhidos pelos estudantes para agrupar os materiais/substâncias listados(as).



Vale ressaltar que dos 18 estudantes que participaram da pesquisa, dois (E5 e E12) não responderam à primeira questão e outros estudantes (E3, E4, E9, E13, E14 e E18) classificou os materiais agrupando-os em mais de um critério. Por exemplo, o E3 utilizou os seguintes critérios: C1, C3 e C4, classificando o ciclo-hexano, dióxido de carbono, metano e carvão na categoria C1; o ar na categoria C4, e o leite e o óleo na categoria C3. Na Figura 5 apresentamos um Gráfico com a distribuição das respostas dos estudantes, em porcentagem, por critério.

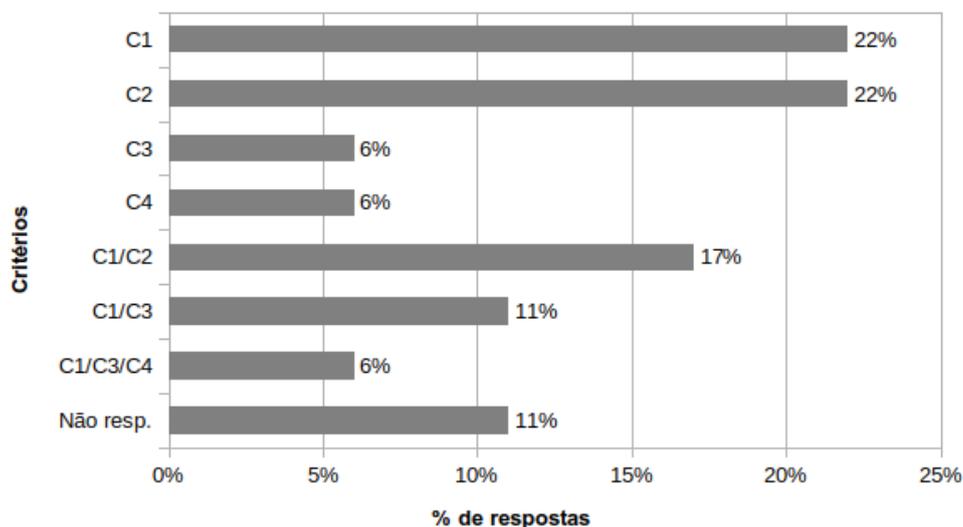


Figura 5: Distribuição, em porcentagem, das repostas dos estudantes em cada critério de classificação dos materiais/substâncias. **Fonte:** Dados da pesquisa

Dos 18 questionários respondidos, os critérios mais utilizados pelos estudantes foram o “orgânico/inorgânico” e o “macro/micro”, compreendendo 22% (n=4) das respostas cada um, seguidos dos critérios “Substância/Mistura” e “Estados físicos da matéria”, com 6% (n=1) cada. Entretanto, considerando as respostas em que os estudantes utilizam mais de um critério para a classificação dos materiais/substâncias, percebemos que o critério mais citado por eles foi o C1, que aparece em 56% (n=10) das respostas. E o segundo critério mais identificado foi o C2, presente em 39% (n=7) das respostas.

Um dos fatores que pode estar associado à maior incidência de respostas na categoria C1 é que vários materiais/substâncias presentes na lista são conhecidos pelos estudantes e estudados no tópico Química Orgânica, sendo este ministrado no estado do Paraná durante o último ano do Ensino Médio.

Também bastante expressivo, o critério macro/micro foi utilizado para classificar os materiais/substâncias listados(as). O uso deste critério indica que os estudantes tentam transitar pelos níveis macroscópico e microscópico, diferentes níveis do conhecimento científico, utilizando termos como átomos, elementos, moléculas e misturas.

No estudo realizado por Canac e Kermen (2016), as autoras chegaram em subcategorias semelhantes aos critérios identificados no nosso estudo. Os estudantes universitários franceses subdividiram os materiais/substâncias em: substância/mistura; g/l/s (gasoso/líquido/sólido – estados físicos da matéria); macro/micro; e natural/não natural (semelhante ao critério orgânico/inorgânico utilizado nesse estudo). Entretanto, a subcategoria que se destacou no estudo das autoras foi o macro/micro, seguido dos estados físicos da matéria.

Os critérios C3 e C4 foram os menos utilizados pelos estudantes, neste estudo, na classificação dos materiais/substâncias, apenas 1 aluno agrupou os materiais listados por substância e mistura, e outro estudante pelos estados físicos da matéria (s/l/g).

No estudo de Carnac e Kermen (2016) as autoras também tiveram baixa porcentagem de repostas para os critérios “substância /mistura” e “natural/não natural”. Embora a noção de substância seja introduzida no primeiro ano do ensino de Química tanto no Brasil quanto na França, os estudantes têm dificuldades em utilizar este conceito.

Outro ponto observado é que dois estudantes não responderam à primeira questão, ou seja, apresentaram dificuldades em classificar os materiais/substâncias, embora, segundo Schummer (1998), classificar espécies químicas faz parte do trabalho dos químicos, como por exemplo, ácidos/bases; metais/não metais; gás/sólido/líquido; orgânico/mineral.

Comparando os resultados obtidos nesse estudo, com o realizado com Carnac e Kermen (2016), observamos que tanto os estudantes universitários brasileiros investigados quanto os estudantes universitários franceses não consideraram separar os materiais apresentados na lista utilizando o critério de nomes científicos (por exemplo, carbono, ciclo-hexano, peróxido de hidrogênio, dióxido de carbono e metano) e nomes comuns (por exemplo, ar, carvão, óleo e leite) como norma para distinguir diferentes espécies químicas.

Pelos critérios identificados, observamos que os estudantes estabeleceram parâmetros associados às características dos materiais/substâncias, bem como pela composição da fórmula molecular. Mesmo para os que estavam representados pelo nome comum (ar, carvão, leite e óleo), os estudantes buscaram compreender sua composição química, ou seja, buscaram transitar do nível macroscópico para o nível microscópico.

Nesse sentido, concordamos com Taskin e Bernholt (2014) que a linguagem química carrega informações como, dentre outras coisas, a composição qualitativa e quantitativa de substâncias ou a formação estrutural de moléculas, informações que podem ser usadas para deduzir propriedades físicas e químicas da matéria ou um potencial comportamento de uma reação.

Na primeira questão os estudantes foram solicitados a classificar os materiais em diferentes grupos e o objetivo consistia em identificar os critérios de classificação utilizados pelos estudantes. Como havia na lista materiais apresentados com nomes comuns e outros com nomes científicos, imaginávamos que este poderia ser um critério de escolha. No entanto, os estudantes fizeram uso de outros critérios para agrupar os materiais que vão desde aspectos relacionados a origem do material (orgânico/inorgânico) a aspectos relativos a percepções sensoriais ou utilizando entidades no nível atômico/molecular (Macro/Micro).

Vale também ressaltar que embora reconheçamos as tentativas de associações feitas pelos licenciandos, foram evidenciados alguns equívocos conceituais, como por exemplo, considerar o peróxido de hidrogênio como material orgânico; o carvão como elemento químico; carbono, ciclo-hexano e peróxido de hidrogênio como substâncias gasosas à temperatura ambiente, que podem ter sido causados por falta de conhecimento de alguns materiais/substâncias e de algumas de suas propriedades. Tais equívocos conceituais não serão aprofundados neste estudo, sendo foco de análise de trabalhos futuros.

Nas questões 2 e 3 buscamos analisar como os estudantes associavam os nomes e fórmulas apresentados, por meio de quatro critérios: substância, mistura, molécula e átomo, sendo os dois primeiros considerados como critérios macroscópicos e os dois últimos como critérios microscópicos.

Na questão 2 em que estavam listados os nomes (gás oxigênio, água, carbono, dióxido de carbono, ciclo-hexano e metano), considerando o critério macroscópico, todos os materiais poderiam ser conceituados como substâncias. No nível microscópico, o carbono pode ser considerado como átomo e os demais como moléculas. A água pode ter um *status* ambíguo, sendo considerada como um nome usado pelos químicos e o nome comum usado no dia a dia.



Na terceira questão que contém as fórmulas químicas, considerando o critério macroscópico, as representações O_2 , H_2O , C , CO_2 , C_2H_6O , e Fe são classificadas como substâncias. Já para o critério microscópico, Fe e C são considerados como átomos, e O_2 , H_2O , CO_2 e C_2H_6O como moléculas.

Assim, a partir das listas com nomes e/ou fórmulas, os estudantes deveriam escolher um ou mais critérios dentre as possibilidades sugeridas. Na Figura 6 há dois Gráficos em que estão indicadas as porcentagens de estudantes que responderam corretamente cada critério de classificação, levando em consideração o nível macroscópico, o nível microscópico e a relação macro/micro de cada material, para os nomes (a) e para as fórmulas (b).

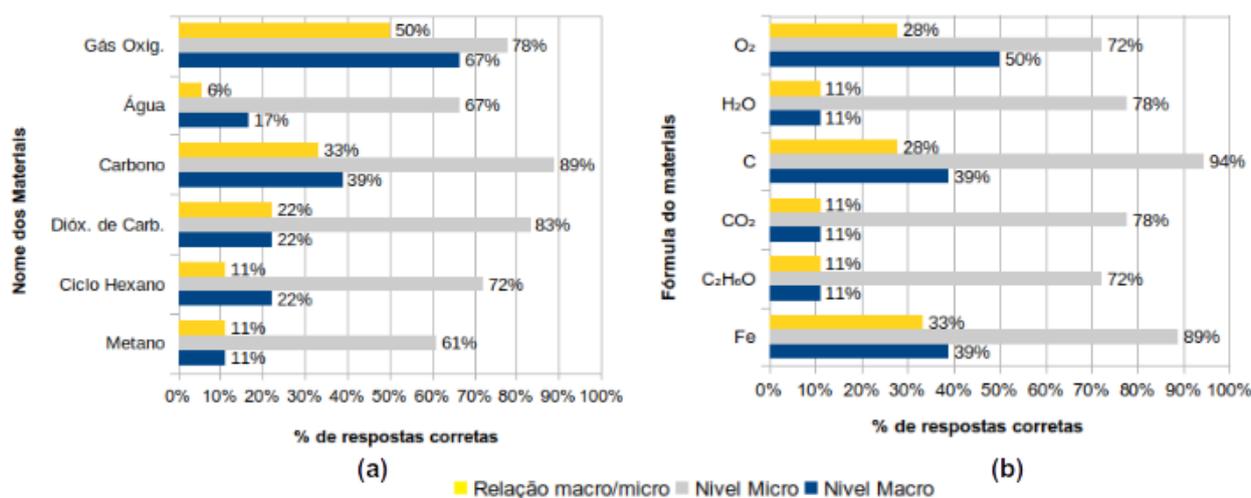


Figura 6: Distribuição, em porcentagem, das repostas corretas para – nomes (a) e fórmulas (b) – em nível macro, microscópico e relação macro/micro. **Fonte:** Dados da pesquisa

Em ambos os Gráficos podemos verificar que os estudantes associaram de forma correta, e mais destacadamente, os nomes e as fórmulas com o nível microscópico – átomos e moléculas – (nos Gráficos representado pela cor cinza). Por exemplo, 89% (n=16) dos estudantes classificaram corretamente o carbono (nome) como átomo; e 94% (n=17) dos estudantes classificaram o C (fórmula) como átomo. Para as demais substâncias classificadas como moléculas, tanto para os nomes quanto para as fórmulas, os acertos também foram acima de 60%, como, por exemplo, o dióxido de carbono (nome) com 83% (n=15).

Com relação ao nível macroscópico – substância e mistura – (representado nos Gráficos pela cor azul) notamos maior dificuldade dos alunos para estabelecerem as associações. Embora todos os nomes e as fórmulas listadas pudessem ser classificadas como substâncias, as porcentagens de acerto foram reduzidas, abaixo de 67%. No entanto, analisando os dois Gráficos, constatamos que a média de acertos para os nomes (29,63%) foi ligeiramente maior do que para as fórmulas das substâncias (26,85%).

A partir dos dados, observamos que os estudantes em questão apresentam uma visão microscópica (assinalando os critérios molécula e átomo) maior do que uma visão macroscópica (critérios substância e mistura), e que isso pode estar associado à dificuldade em compreenderem a diferença entre as definições de substância e de mistura. As substâncias são constituídas somente por um tipo de constituinte (moléculas, átomos, íons, fórmulas unitárias etc.) e possuem temperaturas de fusão e ebulição constantes a uma dada pressão, além de densidade bem definida, em determinada pressão e temperatura. Por sua vez, as misturas são formadas por duas ou mais substâncias. As misturas não possuem densidades fixas porque elas variam, dependendo da quantidade de cada componente na mistura. Não possuem temperaturas de fusão e ebulição constantes, mas intervalos de temperatura em que se começa e termina a mudança de estado físico (RUSSELL, 1994).

No que diz respeito à relação macro/micro (representada no Gráfico pela cor amarela), as percentagens de acerto foram exíguas, sendo menores que 50% para os nomes, e menores que 33% para as fórmulas. Um resultado que despertou atenção foi o da água (expresso pelo nome), em que somente 6% (n=1) assinalou corretamente os dois aspectos (substância e molécula). Apesar de a palavra água estar presente em livros didáticos do Ensino Médio, ela deixa dúvidas, uma vez que pode ser considerada como “pura” (substância) ou de “torneira” (mistura), ou seja, por ser um termo utilizado tanto na linguagem química como na comum e apresentar significados diferentes em cada contexto.

Há, diferentes tipos de linguagens, dentre elas, a cotidiana e a científica. Estas, por sua vez, podem fornecer sentidos diferentes para uma única palavra. Na Química, há inúmeros exemplos de palavras que têm diferentes significados a partir do uso no dia a dia ou quando usadas em um contexto científico específico como, por exemplo, matéria, solução e elemento. Nesse sentido, Cassels e Johnstone (1980) sugerem que as várias conotações das palavras devem ser discutidas com os estudantes em sala de aula, sempre que apropriado e quando o professor achar pertinente.

Outra observação é que poucos estudantes conseguiram associar corretamente critérios macro e micro a nomes e fórmulas, simultaneamente. E isso até mesmo para espécies químicas mais comuns, como a água, o gás oxigênio, o dióxido de carbono e o carbono. Resultados semelhantes também foram encontrados por Canac e Kermen (2016) que encontraram percentagens muito baixas até para espécies químicas mais comuns como gás oxigênio, carbono e dióxido de carbono.

Para Taskin e Bernholt (2014) as fórmulas transportam informações relativas, entre outras coisas, à composição qualitativa e quantitativa de substâncias ou à formação estrutural das partículas correspondentes. Esta informação pode então ser usada para inferir as propriedades químicas e físicas da substância ou o potencial comportamento da reação.

Por fim, as questões 4 e 5 tinham o objetivo de compreender como os estudantes lidam com o conceito de molécula como uma combinação fixa de números de átomos, tanto fora quanto no contexto de equações químicas. Na questão 4 foram propostos 3 pares de fórmulas empíricas (H_2O e H_2O_2 , O e O_2 , CH_4 e C_2H_8) – alguns verdadeiros e outros fictícios – em que o estudante deveria responder se os pares correspondiam à mesma molécula. Os estudantes poderiam ou não justificar a respostas. Para cada par, registramos a porcentagem de estudantes que responderam que as fórmulas não correspondiam à mesma molécula (resposta correta) e ainda a porcentagem de estudantes que respondeu corretamente para os três pares. Os resultados estão indicados no Gráfico da Figura 7, a seguir.

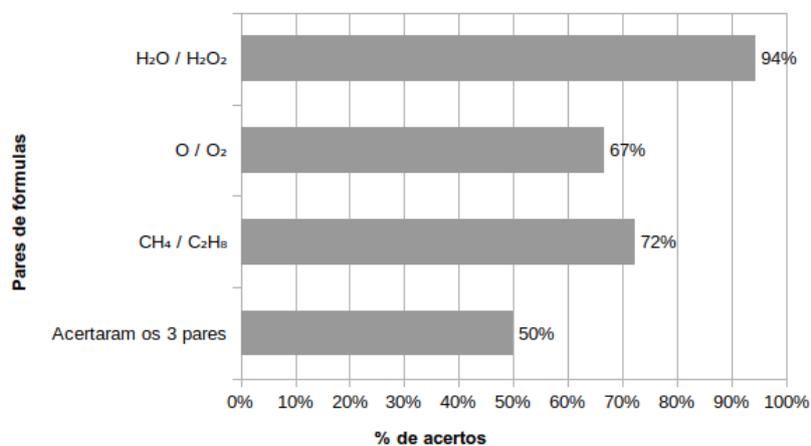


Figura 7: Porcentagem de acertos para cada par de fórmulas empíricas e para os três pares.

Fonte: Dados da pesquisa

Analisando a Figura 7, observamos que 94% dos estudantes (17 do total de 18) responderam corretamente para o primeiro par (H_2O e H_2O_2), 67% (n= 12) para o segundo par (O e O_2) e 72% (n=13) para

o terceiro par (CH_4 e C_2H_8). Ou seja, os estudantes apresentaram maior facilidade em diferenciar o primeiro par, justificando que H_2O é a fórmula da água, enquanto que H_2O_2 é a fórmula do peróxido de hidrogênio. E apresentaram maior dificuldade em diferenciar o segundo par, em que O é o átomo de oxigênio, enquanto O_2 é o gás oxigênio (molécula). Apesar do índice de acerto para cada par ter sido consideravelmente alto (acima de 60%), apenas 50% ($n=9$) dos estudantes responderam corretamente para os três pares de fórmulas empíricas, ou seja, metade dos estudantes ainda apresentam dificuldades ao analisar moléculas por meio de suas fórmulas.

Os resultados obtidos nessa pesquisa foram semelhantes aos encontrados por Canac e Kermen (2016) que obtiveram, para estudantes franceses do ensino superior, 98% de acerto para o primeiro par, 76% para o segundo par, 67% para o terceiro par, e 53% acertaram os três pares de fórmulas empíricas. Comparando os resultados dessa pesquisa com os de Canac e Kermen (2016), observamos que enquanto nessa pesquisa a maior dificuldade foi para o segundo par (O e O_2), as autoras identificaram maior dificuldade no terceiro par (CH_4 e C_2H_8).

Atribuimos a maior dificuldade em diferenciar os pares O e O_2 devido à linguagem (verbal) utilizada usualmente, por exemplo, o termo “oxigênio” é muitas vezes tanto utilizado para mencionar um dos componentes do ar, quanto o átomo de oxigênio. Resultado semelhante foi encontrado na pesquisa realizada por Nuñez et al. (2003), com licenciandos em Química, em que estes apresentaram dificuldade em diferenciar elemento químico de substância simples. Segundo os autores, essa dificuldade pode estar associada a diversos fatores, dos quais destacam-se: muitas substâncias simples terem o mesmo nome do elemento que as constituem; e a obstáculos epistemológicos substancialistas proporcionados por livros didáticos, que contribuem aos futuros professores atribuírem aos “átomos” propriedades das “substâncias”.

A maior facilidade em diferenciar o par H_2O e H_2O_2 pode ser pelo fato de essas moléculas serem muito abordadas na Educação Básica, e não somente nas aulas de Química, mas também nas aulas de Ciências (estados físicos e características da água, substâncias e misturas) e Geografia (ciclo da água).

Na questão 5 foi solicitado aos estudantes decodificarem a validade das equações químicas propostas. Nosso propósito foi verificar se os alunos que responderam corretamente à pergunta sobre os pares de fórmulas (Questão 4) mantinham a mesma compreensão quando o contexto mudava, ou seja, quando as fórmulas eram apresentadas compondo equações químicas.

A rigor, a lei da conservação de elementos era verificada em todas as equações, o que faz com que pareçam corretas; entretanto, em cada par, uma das equações incluía uma fórmula química incorreta (O para o primeiro par, e H_4O_2 para o segundo par de equações).

No Gráfico da Figura 8 estão indicadas as porcentagens de estudantes que validaram corretamente cada par de equações da Questão 5, ou seja, que indicaram que as fórmulas químicas O e H_4O_2 , estavam erradas.

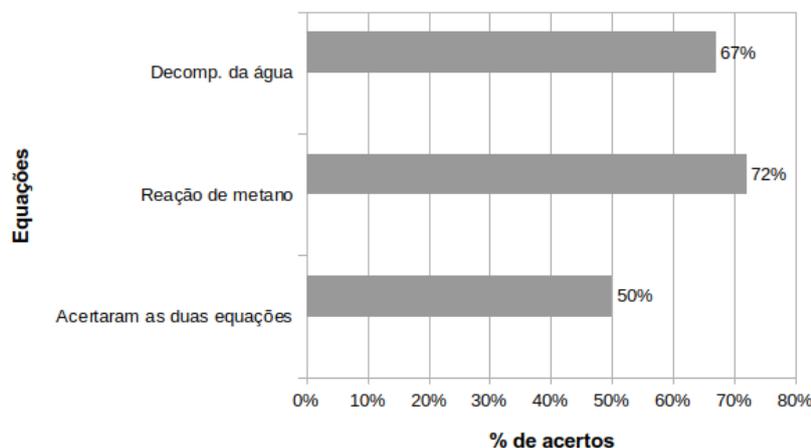


Figura 8: Porcentagem de estudantes que validaram corretamente as equações propostas na questão 5.

Fonte: Dados da pesquisa

Observamos, por meio da Figura 8, que 67% dos estudantes (12 do total de 18) validaram corretamente a equação de decomposição da água, em que alguns justificaram que O_2 é a fórmula correta do gás oxigênio, enquanto outros justificaram não existir na natureza apenas O. Em relação a segunda reação, 72% ($n=13$) dos estudantes acertaram a equação de combustão do metano, apresentando como justificativa “[...] quando o oxigênio é consumido pelo CH_4 há a formação de gás carbônico, água e energia, e não peróxido de hidrogênio” (E3), ou seja, o estudante compreende que H_2O e H_4O_2 não equivalem à mesma substância, apesar de nomear a segunda fórmula como peróxido de hidrogênio. O índice de acerto de cada uma das equações foi considerado alto, visto que foi acima de 65%. No entanto, assim como aconteceu na análise anterior, apenas 50% ($n=9$) dos estudantes validaram corretamente as duas proposições.

Analisando os dados obtidos nessa pesquisa com os resultados alcançados por Canac e Kermen (2016), as autoras também verificaram que os estudantes universitários franceses acertaram mais a equação que representa a reação do metano com gás oxigênio do que a equação que representa a reação envolvendo a decomposição da água, e 58% acertaram ambas as equações. Os resultados obtidos pelas autoras foram semelhantes aos identificados nessa pesquisa.

Mediante as análises, também foi possível identificar se os estudantes que deram respostas corretas para as fórmulas na questão 4 também responderam, de forma correta, as equações da questão 5. Essa análise nos permite examinar a habilidade dos estudantes em decodificarem uma fórmula química, sua compreensão quanto ao conceito de molécula e sua capacidade de decodificar fórmulas em uma equação química (CARNAC; KERMER, 2016).

Comparando as respostas que abordam as representações O e O_2 na questão 4 (12 respostas corretas), e na equação que contém O na questão 5 (13 respostas corretas), observamos que apenas 9 dos estudantes que responderam que as fórmulas O e O_2 não correspondiam à mesma molécula foram capazes de usar esse conhecimento no contexto de uma equação química (questão 5), o que equivale a 50% ($n=9$) do total de estudantes que participaram da pesquisa. Esse resultado aponta que 3 estudantes não foram capazes de usar esse conhecimento, ou seja, que a molécula é uma entidade composta de átomos cujo número é fixo e não pode ser alterado, no contexto de uma equação química.

Comparando as respostas da questão 4 que continha o par CH_4 e C_2H_8 e da questão 5 cuja equação continha H_4O_2 – em ambas as situações houve a representação do dobro de átomos na molécula, embora estas representações sejam fictícias –, percebemos que 13 estudantes acertaram a questão 4 e a mesma quantidade acertou a questão 5. Entretanto, apenas 10 estudantes acertaram ambas as situações propostas, o que corresponde a 56% do total de estudantes.

Em seguida, selecionamos os estudantes que responderam corretamente aos três pares de representações da questão 4 e aos dois pares de equações da questão 5. Dos 18 estudantes que responderam ao questionário, apenas 6 (33% do total) responderam corretamente ambas as questões. Esse resultado indica que uma pequena quantidade dos estudantes analisados foi capaz de usar o conceito de molécula fora e dentro de um contexto de uma equação química.

Diante dos resultados obtidos nesta investigação, destacamos a importância de explorar diferentes formas representacionais no estudo de alguns conceitos da química para que os estudantes possam se familiarizar tanto com os nomes quanto com as fórmulas químicas; para que possam compreender e distinguir conceitos tais como átomos, moléculas, substâncias e misturas que são conceitos fundamentais dessa ciência.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retomando o objetivo deste estudo que consistiu em analisar como licenciandos de Química compreendem alguns conceitos químicos, tais como matéria, substância (simples e composta), mistura, átomo e molécula, quais suas principais dificuldades e como lidam com as diferentes formas representacionais, chegamos nas seguintes conclusões.

Para a primeira questão proposta, os estudantes utilizaram quatro critérios de classificação, para agrupar uma lista de materiais: orgânico/inorgânico, macro/micro, substância/mistura e estados físicos da matéria, sendo o primeiro deles, o mais citado pelos estudantes. A partir das análises constatamos que os estudantes utilizaram como critérios de agrupamento características macroscópicas dos materiais/substâncias, baseados em conhecimentos do cotidiano, bem como a composição da fórmula molecular, buscando compreender a constituição química dos materiais/substâncias listados(as). Nesta questão, embora a maioria dos estudantes tenha tentado estabelecer algum critério de classificação dos materiais listados, foram identificadas, em algumas respostas, alguns equívocos conceituais que denotam falta de clareza de alguns conceitos químicos, principalmente no que diz respeito a compreensão do que são compostos orgânicos e diferenças conceituais entre elemento, átomo, molécula e substância.

Para as questões dois e três, os estudantes apresentaram uma visão microscópica (assinalando os critérios moléculas e átomos) superior à macroscópica (critérios substância e mistura). Esse resultado pode estar relacionado a dificuldade em compreender características do material quando representado pelo nome e/ou pela fórmula (exemplo da água e H_2O) e da confusão entre os conceitos de substância e mistura. Os estudantes também tiveram dificuldades em relacionar os níveis macro e micro para um mesmo material, por exemplo, CO_2 (molécula e substância) constatado pelas baixas porcentagens encontradas tanto para os nomes quanto para as fórmulas.

Para as questões 4 e 5, que buscavam analisar a decodificação de fórmulas químicas ligadas ao conceito de molécula fora e no contexto de equações químicas, alguns estudantes apresentaram dificuldades para decodificar uma fórmula química fora do contexto de uma equação química e também se confundiram ao decodificá-la nesse contexto. Eles também não foram capazes de usar o conceito de molécula como uma combinação fixa e constante de átomos.

Nesse sentido, ressaltamos a importância de que os professores estejam conscientes das complexidades quando os estudantes são confrontados com a aprendizagem de conceitos fundamentais da Química (tais como: átomos, moléculas, substâncias e misturas), bem como a relevância de trabalhar com a interpretação de diferentes representações e a capacidade de integrá-las em um discurso científico.

Agradecimentos

Ao financiamento da pesquisa por meio do CNPq e Fundação Araucária.

Referências

- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BEN-ZVI, R.; EYLON, B.; SILBERSTEIN, J. Students' visualization of a chemical reaction. **Educ. Chem.**, v. 24, n. 4, p. 117–120, 1987.
- CANAC, S.; KERMEN, I. Exploring the mastery of French students in using basic notions of the language of chemistry. **Chem. Educ. Res. Pract.** v. 17, p. 452–473, 2016.
- CARRETTO, J.; VIOVY, R. Relevé de quelques obstacles épistémologiques dans l'apprentissage du concept de réaction chimique, **Aster**, v. 18, p. 12–26, 1994.
- CASSELLS J. R. T.; JOHNSTONE A. H. **The understanding of non-technical words in science**, London: Royal Society of Chemistry, 1980.



- JOHNSTONE, A. H. Macro and Microchemistry. **The School Science Review**, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.
- JOHNSTONE, A. H. The Development of Chemistry Teaching. **Journal of Chem. Education**. v. 70, n. 9. p. 701-705, 1993.
- KEIG, P. F.; RUBBA, P. A. Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and specific prior knowledge. **J. Res. Sci. Teach.**, v. 30, n. 8, p. 883-903, 1993.
- KLEIN, T. A. S.; LABURÚ, C. E. Multimodos de representação e teoria da aprendizagem significativa: possíveis interconexões na construção do conceito de biotecnologia. **Revista Ensaio**, v. 14, n. 2, p. 137-152, 2012.
- LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; SILVA, O. H. M. da. Multimodos e múltiplas representações, aprendizagem significativa e subjetividade: três referenciais conciliáveis da educação científica. **Ciência e Educação**, v. 17, n. 2, p. 469-487, 2011.
- LAUGIER, A.; DUMON, A. L'Equation de Réaction: Un Nœud d'Obstacles Difficilement Franchissable. **Chem. Educ. Res. Pract.**, v. 5, n. 1, p. 51-68, 2004.
- LEMKE, J. L. Teaching all the languages of science: words, symbols, images, and actions, 2003. Disponível em: <<http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/papers/barcelon.htm>>. Acesso em: 03 jan. 2021.
- MORRISON, R. T.; BOYD, R. N. **Química orgânica**. 16 ed. Trad. M. Alves da Silva. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1510p., 2011.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, p. 273-283, 2000.
- NUÑEZ, I. B. et al. O elemento químico: o que pensam os futuros licenciados em química. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. **Atas...** Bauru, 25 a 29 de nov. 2003, p. 1-11. Disponível em: <<file:///home/miriam/Downloads/541-1983-1-PB.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2021.
- PAULETTI, F.; FENNER, R. S. F.; ROSA, M. P. A. A linguagem como recurso potencializador no ensino de química. **Perspectiva. Erechim**. v. 37, n.139, p. 7-17, 2013.
- POZO, J. I.; CRESPO, M. Á. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Tradução Naila Freitas. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- PYBURN D. T. et al. Assessing the relation between language comprehension and performance in general chemistry. **Chem. Educ. Res. Pract.**, v.14, n. 4, p. 524-541, 2013.
- ROQUE N. F.; SILVA, P. B. A linguagem química e o ensino da química orgânica. **Quím. Nova**. v. 31, n. 4, p. 921-923, 2008.
- RUSSELL, J. B. **Química geral**. Tradução: Márcia Guekezian et al. 2 ed. São Paulo: Pearson Makron Books, v. 1, p.9, 1994.
- SANGER M. J. Evaluating students' conceptual understanding of balanced equations and stoichiometric ratios using a particulate drawing. **J. Chem. Educ.**, v. 82, n. 1, p.131-134, 2005.
- SCHUMMER, J. The chemical core of Chemistry I: A conceptual Approach. **HYLE**, v. 4, n.2, p. 129-162, 1998.
- SOLOMONS, T. W. G. **Química orgânica**. Tradução de Maria Lúcia Godinho de Oliveira; revisão técnica Delio Soares Raslan, Robson Mendes Matos. Rio de Janeiro: LTC, v. 1, p. 2-3, 2009.
- SOUZA, K. A. de F. D. de; CARDOSO, A. A. Aspectos macro e microscópicos do conceito de equilíbrio químico e de sua abordagem em sala de aula. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 27, p. 51-56, 2008.
- TASKIN. V.; BERNHOLT. S. Students' Understanding of Chemical Formulae: A review of empirical research. **International Journal of Science Education**. v. 36, n.1, p. 157-185, 2014.
- TYTLER, R., PETERSON, S., PRAIN, V. Picturing evaporation: learning science literacy through a particle representation. **Teaching Science**, n. 52, p. 12-17, 2006.
- URÁN, W. A. V. **Relaciones explicativas entre los niveles de representación macroscópico, microscópico y simbólico de la materia; una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de "reacción química"**. 2017. 132 f. Dissertação (Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales). Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias, Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales Medellín, Colombia, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/60186>>. Acesso em: 05 mar. 2021.
- VLADUSIC, R., BUCAT, R., OZIC, M. Understanding of words and symbols by chemistry university students in Croatia. **Chem. Educ. Res. Pract**, v. 17, p. 474-488, 2016.
- WARTHA, E. J.; REZENDE, D.B. As representações no ensino de química na perspectiva da semiótica peirceana. **Educ. Quím. en Punto de Vista**, v.1, n.1, p. 181-202, 2017.

RESUMO

Nesse trabalho investigou-se como licenciandos compreendem alguns conceitos químicos, quais suas principais dificuldades e como lidam com as diferentes formas representacionais. Para tanto, os estudantes responderam questões que buscavam investigar: os critérios escolhidos para classificar uma lista de substâncias/materiais expressos por nomes comuns e científicos; se os estudantes empregavam os mesmos critérios diante de fórmulas e/ou nomes de algumas substâncias e se compreendiam o conceito de molécula como uma combinação fixa de átomos. Os resultados indicaram que os estudantes elegeram quatro critérios de classificação para as substâncias/materiais listados; apresentaram confusão entre os conceitos de substância e mistura; dificuldades em relacionar os níveis macro e micro para um mesmo material; e, conceituar molécula como uma combinação fixa de átomos. Esses aspectos ressaltam a complexidade em abordar alguns conceitos químicos com os estudantes, bem como a relevância de trabalhar com a interpretação de diferentes representações e a capacidade de integrá-las em um discurso científico.

Palavras-chave: Conceitos químicos; Aprendizagem; Representação; Licenciandos.

RESUMEN

En este trabajo se investigó cómo los estudiantes universitarios comprenden algunos conceptos químicos, cuáles son sus principales dificultades y cómo lidian con diferentes formas de representación. Para ello, los estudiantes respondieron preguntas que buscaban investigar: los criterios elegidos para clasificar una lista de sustancias/materiales expresados por nombres comunes y científicos; si los estudiantes usaron el mismo criterio sobre fórmulas y/o nombres de algunas sustancias, y si entendieron el concepto de molécula como una combinación fija de átomos. Los resultados indicaron que los estudiantes eligieron cuatro criterios de clasificación para las sustancias/materiales enumerados; presentaron confusión entre los conceptos de sustancia y mezcla; dificultades para relacionar los niveles macro y micro para un mismo material; y conceptualizar la molécula como una combinación fija de átomos. Estos aspectos destacan la complejidad de abordar algunos conceptos químicos con los estudiantes, así como la relevancia de trabajar con la interpretación de diferentes representaciones y la capacidad de integrarlas en el discurso científico.

Palabras clave: Conceptos químicos; Aprendizaje; Representación; Estudiantes universitarios.

