

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO**

ANA LÍVIA BAPTISTELLA ARAUJO

**AS REPRESENTAÇÕES MULTIMODAIS COMO FERRAMENTA EPISTÊMICA NO
ENSINO DE CIÊNCIAS**

**Belo Horizonte
2021**

ANA LÍVIA BAPTISTELLA ARAUJO

**AS REPRESENTAÇÕES MULTIMODAIS COMO FERRAMENTA EPISTÊMICA NO
ENSINO DE CIÊNCIAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social, da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de mestra em Educação.

Orientadora: Ana Luiza de Quadros

Belo Horizonte
2021

A663r
T Araujo, Ana Livia Baptistella, 1994-
As representações multimodais como ferramenta epistêmica no ensino de ciências [manuscrito] / Ana Livia Baptistella Araujo. - Belo Horizonte, 2021.
171 f. : enc, il.

Dissertação -- (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.
Orientadora: Ana Luiza de Quadros.
Bibliografia: f. 147-156.
Apêndices: f. 157-171.

1. Educação -- Teses. 2. Ciências (Ensino fundamental) -- Estudo e ensino -- Teses. 3. Ciências (Ensino fundamental) -- Metodologia -- Teses. 4. Ciências (Ensino fundamental) -- Métodos de ensino -- Teses.
I. Título. II. Quadros, Ana Luiza de, 1963-. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

CDD- 372.35

Catálogo da fonte: Biblioteca da FaE/UFMG (Setor de referência)
Bibliotecário: Ivanir Fernandes Leandro CRB: MG-002576/O



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO - CONHECIMENTO E INCLUSÃO SOCIAL
FOLHA DE APROVAÇÃO

As representações multimodais como ferramenta epistêmica no Ensino de Ciências

Aprovada em 26 de novembro de 2021, pela banca constituída pelos membros:

ANA LIVIA BAPTISTELLA ARAUJO

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO - CONHECIMENTO E INCLUSÃO SOCIAL, como requisito para obtenção do grau de Mestre em EDUCAÇÃO - CONHECIMENTO E INCLUSÃO SOCIAL.

Prof(a). Ana Luiza de Quadros - Orientador
UFMG

Prof(a). Fabio Augusto Rodrigues e Silva
UFOP

Prof(a). Fernando César Silva
UFMG

Belo Horizonte, 17 de dezembro de 2021.

Professora Dra. Rosimar de Fátima Oliveira
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Educação:
Conhecimento e Inclusão Social - FAE/UFMG



Documento assinado eletronicamente por **Rosimar de Fatima Oliveira, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 17/12/2021, às 09:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1154602** e o código CRC **5866812D**.

Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas,
que já tem a forma do nosso corpo, e esquecer os nossos
caminhos, que nos levam sempre aos mesmos lugares. É o
tempo da travessia: e, se não ousarmos fazê-la, teremos
ficado, para sempre, à margem de nós mesmos.
(Fernando Teixeira de Andrade)

AGRADECIMENTOS

Iniciei essa jornada do mestrado no início de 2019. Criei várias expectativas, me frustrei, errei e busquei aprender com meus erros. Ao finalizar esse ciclo, vejo o quanto essa experiência me fez evoluir como professora e como ser humano. Tenho muito orgulho de olhar para trás e poder observar esse crescimento ao qual sou muito grata.

Agradeço, primeiramente, a Deus, que permitiu a realização deste trabalho em um contexto tão atípico de pandemia e distanciamento social. Obrigada por me dar saúde e forças para superar as dificuldades.

Agradeço a minha orientadora, Ana Luiza de Quadros, que me guiou durante quase três anos. Muito obrigada por me incentivar, por me dar autonomia e pela sua competência e agilidade. Me lembro até hoje da primeira disciplina específica em Ensino de Química que eu cursei na graduação. A Ana Quadros era a professora responsável por ministrá-la, sendo que, no primeiro dia de aula, foi levantado o questionamento: “Por que estudamos química?”. Essa reflexão foi um divisor de águas na minha formação docente.

Agradeço ao meu companheiro de vida, Luca, por ter me ajudado a ressignificar a palavra “amor”. Dividir a vida com você faz com que ela seja mais leve. Gratidão por todo o apoio e toda a compreensão, que foram essenciais para me fazer seguir em frente.

Agradeço aos meus pais, que, apesar de todas as dificuldades, sempre lutaram para proporcionar uma condição de vida boa para nossa família. Minha mãe, Isabel, que sempre esteve ao meu lado nas horas mais difíceis e nunca deixou de me apoiar. E meu pai, Gilvan, que me ensinou a “correr atrás” dos meus objetivos. Vocês são incríveis, e nosso amor é de outras vidas.

Agradeço ao meu irmão, João Vitor, pelo apoio e pelas longas conversas reflexivas sobre a vida.

Gratidão às amigas que eu pude construir durante o mestrado. Conheci pesquisadoras incríveis, que também acreditam na mudança da educação. Um

obrigado especial à Danielle e à Monique, que serão minhas eternas parceiras de seminário.

Wendell, Jana, Tâmila, Rafa, Scotti, Gi e outros amigos, obrigada pelos momentos de descontração, risadas, apoio. Mesmo me ausentando nessa fase de escrita, vocês nunca desistiram de mim.

Agradeço ao meu melhor amigo, que esteve ao meu lado (no meu ombro, para ser mais exata) durante toda a jornada do mestrado, nos dias bons e naqueles não tão bons assim. Obrigada por tudo, Piu.

Agradeço às pessoas que acompanham meu trabalho nas redes sociais. Foi possível compartilhar um pouco da minha trajetória durante o mestrado, e ter o apoio e o incentivo de vocês foi essencial.

Agradeço a todos os professores que eu tive durante a minha formação, pois, sem vocês, nada disso seria possível. Gratidão aos meus alunos, que também contribuíram para minha formação, porém como docente.

Um agradecimento especial à escola em que a construção de dados dessa pesquisa foi realizada e ao professor regente da turma, por autorizar nossa intervenção em sua disciplina.

Agradeço à CAPES pelo apoio financeiro, que possibilitou a dedicação para o mestrado, e à UFMG, que foi responsável pelas minhas formações pessoal e profissional desde 2013.

RESUMO

A linguagem científica, especialmente da Química, é repleta de representações, que se mostram necessárias para a interpretação e para a descrição de fenômenos, uma vez que envolvem “entidades” que não podem ser vistas e precisam ser “imaginadas”. Nossa experiência nos mostra que essas representações são pouco valorizadas no Ensino de Ciências, e os estudantes as consideram, algumas vezes, como um dificultador da aprendizagem. Uma linha de estudos recente, e que consideramos promissora, associa a multimodalidade às representações e foi nomeada como “Representações Multimodais”. Por meio das representações multimodais, oportuniza-se aos estudantes um ambiente em que eles constroem, justificam, negociam e reelaboram suas próprias representações, em um trabalho mediado pelo professor. Partimos da hipótese de que as representações multimodais podem funcionar como uma ferramenta epistêmica, desenvolvendo competências representacionais e proporcionando uma aprendizagem mais ampla. Logo, este trabalho teve como objetivo investigar as representações multimodais como ferramenta epistêmica em aulas remotas do Ensino Fundamental e o envolvimento dos estudantes com a Ciência ao fazer uso dessas representações. Para isso, construímos uma sequência didática que foi desenvolvida com uma turma de 7º ano do Ensino Fundamental, durante o período de Ensino Remoto Emergencial (ERE), com a temática “cosmético”, seguindo uma abordagem baseada na construção, na negociação, no refinamento e na reelaboração de representações. Para a produção de dados, utilizamos as gravações em vídeo das aulas síncronas, juntamente com as representações construídas pelos estudantes e outras atividades realizadas nas aulas assíncronas. A partir da análise dos dados, observamos o potencial das representações multimodais em promover a agência epistêmica nos estudantes. Argumentamos que, além de oportunizar a construção coletiva do conhecimento durante o ERE, ao associar as representações multimodais às práticas epistêmicas, foi possibilitada uma participação mais ativa e legítima dos estudantes. Defendemos que é necessário trabalhar com essas abordagens ao longo da educação básica, visando desenvolver, nos estudantes, competências representacionais.

Palavras-chave: Representações multimodais; Multimodalidade; Práticas epistêmicas; Múltiplas representações.

ABSTRACT

Scientific language, especially Chemistry, is full of representations, which are necessary for the interpretation and description of phenomena, since they involve “entities” that cannot be seen and need to be “imagined”. Our experience shows us that these representations are undervalued in Science Teaching, and students sometimes consider them as a hindrance to learning. A recent line of studies, which we consider promising, associates multimodality with representations and was named “Multimodal Representations”. Through multimodal representations, students are provided with an environment in which they build, justify, negotiate, and re-elaborate their own representations, in a work mediated by the teacher. We start from the hypothesis that multimodal representations can function as an epistemic tool, developing representational skills and providing broader learning. This work aimed to investigate multimodal representations as an epistemic tool in remote elementary school classes and the involvement of students with Science when making use of these representations. For this, we built a didactic sequence that was developed with a group of the 7th year of Elementary School, during the period of emergency remote teaching, with the theme "cosmetic", following an approach based on the construction, negotiation, refinement, and re-elaboration of representations. For data production, we used video recordings of synchronous classes, along with representations constructed by students and other activities performed in asynchronous classes. From data analysis, we observed the potential of multimodal representations to promote epistemic agency in students. We argue that, in addition to providing opportunities for the collective construction of knowledge during the ERE, by associating multimodal representations with epistemic practices, a more active and legitimate participation of students was made possible. We argue that it is necessary to work with these approaches throughout basic education, aiming to develop representational skills in students.

Keywords: Multimodal representations; Multimodality; Epistemic practices; Multiple representations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Analogia do surgimento do termo “representações multimodais” com a formação de um rio.....	21
Figura 2 – Representação de uma molécula a partir do modelo bola-vareta.....	42
Figura 3 – Representação canônica para o artrópode <i>Sidneyia inexpectans</i>	49
Figura 4 – As três dimensões que contribuem para a aprendizagem científica durante a construção de uma representação.....	51
Figura 5 – Ambiente virtual de aprendizagem escolhido pela escola.....	58
Figura 6 – Videoaula construída no <i>site Edpuzzle</i>	64
Figura 7 – Esquema utilizado para explicar os três sistemas para os estudantes construírem as representações.....	72
Figura 8 – Atividade de construção de representações proposta na aula 6.....	75
Figura 9 – Quadro construído no <i>site Miro</i> para analisar as representações construídas pelos estudantes durante a sequência de aulas.....	82
Figura 10 – Planilha contendo os dados brutos das aulas da sequência didática.....	83
Figura 11 – Gráfico com a presença dos estudantes durante as aulas da sequência didática.....	87
Figura 12 – <i>Chat</i> do <i>Google Meet</i> no tempo de aula de 30:18.....	89
Figura 13 – Evolução do mercado brasileiro de HPPC de 2006 a 2017.....	90
Figura 14 – Charge envolvendo padrão de beleza e gasto com produtos de beleza.....	91
Figura 15 – Representação dos estados físicos feita pelo estudante E50.....	97
Figura 16 – Representação dos estados físicos feita pelo estudante E38.....	98
Figura 17 – Representação dos estados físicos feita pelo estudante E16.....	99
Figura 18 – Representação dos estados físicos feita pelo estudante E15.....	99
Figura 19 – Representação dos estados físicos feita pelo estudante E36.....	100
Figura 20 – Representação dos estados físicos feita pelo estudante E5.....	101
Figura 21 – Representações das partículas no estado líquido feitas pelos estudantes E36 e E42.....	102
Figura 22 – Representação dos estados físicos feita pelo estudante E20.....	102
Figura 23 – <i>Slide</i> contendo a Pergunta I.....	103
Figura 24 – <i>Slide</i> contendo a Pergunta II.....	104
Figura 25 – <i>Slides</i> contendo a Pergunta III.....	105
Figura 26 – Reelaboração da representação dos estados físicos feita pelo estudante E15.....	106
Figura 27 – Representação dos sistemas do desodorante construída pelo estudante E26.....	114
Figura 28 – Representação dos sistemas do desodorante construída pelo estudante E36.....	115
Figura 29 – Representação dos sistemas do desodorante construída pelo estudante E27.....	116
Figura 30 – Representação dos sistemas do desodorante construída pelo estudante E7.....	118
Figura 31 – Representação reelaborada pelo estudante E23.....	119
Figura 32 – Representação reelaborada pelo estudante E50.....	120
Figura 33 – Representação do deslocamento das partículas construída pelo estudante E27.....	131
Figura 34 – Representação do deslocamento das partículas construída pelo estudante E16.....	131
Figura 35 – Representação do deslocamento das partículas construída pelo estudante E28.....	132
Figura 36 – <i>Slide</i> compartilhado com a turma contendo a representação do estudante E27.....	134

Figura 37 – <i>Slide</i> compartilhado com a turma contendo a representação construída pelo estudante E38	135
Figura 38 – <i>Slide</i> compartilhado com a turma contendo as representações construídas pelos estudantes E26 e E41, respectivamente.....	136
Figura 39 – Exemplos da molécula de água construída no <i>Phet</i> , <i>Molecular Constructor</i> e desenhada, respectivamente	139
Figura 40 – Exemplos da molécula de água construída no <i>Phet</i> , <i>Molecular Constructor</i> e desenhada, respectivamente	140
Figura 41 – <i>Slide</i> compartilhado com a turma para discutir sobre a ausência da ligação dupla na molécula de propanona	141
Figura 42 – <i>Slide</i> compartilhado com a turma para discutir sobre o número de hidrogênios na molécula de propanona	142

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Práticas epistêmicas classificadas nas categorias sociais “produção”, “comunicação” e “avaliação” do conhecimento	45
Quadro 2 – Tecnologias educacionais utilizadas nas aulas da sequência didática	67
Quadro 3 – Resumo dos planos de aula da sequência didática	68
Quadro 4 – Etapas realizadas na aula 6 e suas respectivas durações.....	73
Quadro 5 – Etapas realizadas na aula 10 e suas respectivas durações.....	79
Quadro 6 – Categorização das respostas dos estudantes quanto ao estado gasoso	94
Quadro 7 – Análise das representações em relação ao aspecto das partículas (i)	97
Quadro 8 – Análise das representações em relação à quantidade de partículas (ii)	101
Quadro 9 – Categorização dos exemplos apresentados pelos estudantes de situações em que há presença de vapor.....	107
Quadro 10 – Categorização das respostas dos estudantes em relação à diferença entre gás e vapor.....	109
Quadro 11 – Respostas dos estudantes sobre os estados físicos presentes nos sistemas do desodorante (S1, S2 e S3).....	111
Quadro 12 – Respostas dos estudantes identificando o número de ligações de cada átomo de carbono do etano.....	125
Quadro 13 – Respostas dos estudantes identificando o número de ligações de cada átomo de carbono da propanona	126
Quadro 14 – Explicação dos estudantes sobre o porquê de o esmalte ser removido pela acetona, e não ser removido pela água	126
Quadro 15 – Categorização das representações construídas pelos estudantes	130
Quadro 16 – Tecnologia educacional escolhida pelos estudantes para construção das moléculas em 3D.....	139
Quadro 17 – Concepções dos estudantes sobre a importância das representações na Ciência.....	145
Quadro 18 – Opinião dos estudantes sobre o que mais marcou durante a sequência de aulas	146

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

COEP - Comitê de Ética em Pesquisa

EF - Ensino Fundamental

ERE - Ensino Remoto Emergencial

ERIC - *Educational Resources Information Center*

GSF - Gramática Sistemico-Funcional

MR - Múltiplas Representações

PE - Prática Epistêmica

RM - Representações Multimodais

TALE - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TE - Tecnologia Educacional

WPP - *WhatsApp*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 15

CAPÍTULO 1 - O QUE SABEMOS SOBRE REPRESENTAÇÕES NA SALA DE AULA? EXPLORANDO NOVAS ÁGUAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS	20
1.1 Investigando a origem do termo “representações multimodais”	20
1.2 O encontro das águas: crescimento e estruturação dos trabalhos envolvendo as representações	24
1.3 Consolidando o encontro das águas: as múltiplas representações no Ensino de Ciências	30
1.4 A formação de um novo rio: as Representações Multimodais e o protagonismo do estudante	33
CAPÍTULO 2 - O APORTE TEÓRICO PARA A PESQUISA	40
2.1 Multimodalidade	40
2.2 Práticas Epistêmicas.....	43
2.3 Representações multimodais.....	48
CAPÍTULO 3 - PERCURSO METODOLÓGICO	56
3.1 Abordagem metodológica	56
3.2 Ambiente da pesquisa	56
3.3 Delimitação do campo de pesquisa	59
3.4 Contexto da pesquisa	60
3.4.1 Um planejamento que saiu dos planos	60
3.4.2 Planejar/Replanejar: adaptações necessárias para o Ensino Remoto Emergencial	60
3.5 Sequência didática.....	61
3.5.1 Tecnologias Educacionais.....	63
3.5.2 Estruturação da sequência didática	67
3.6 Coleta de dados.....	80
3.6.1 Processo de construção dos dados	80
3.7 Análise dos dados.....	81
CAPÍTULO 4 - PRIMEIRO OLHAR PARA AS REPRESENTAÇÕES	85
4.1 Análise da participação dos estudantes no contexto de ERE	85
4.2 Primeiro olhar para representações: identificando as concepções prévias.....	88
CAPÍTULO 5 - DESENHANDO UMA PARTÍCULA: A INICIAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE REPRESENTAÇÕES ENVOLVENDO O MODELO CINÉTICO-MOLECULAR	94
5.1 Gás é diferente de vapor? Investigando as concepções dos estudantes.....	107
5.2 Representando os estados físicos em um <i>spray</i> desodorante	111

CAPÍTULO 6 - TRANSIÇÃO ENTRE OS MODOS DE REPRESENTAÇÃO: A PREPARAÇÃO A PARTIR DE FENÔMENOS DE VOLATILIDADE E SOLUBILIDADE...	122
6.1 Preparando a transição: estudo da volatilidade e da solubilidade.....	123
6.2 A química dos cheiros: representando moléculas odoríferas.....	129
6.3 Construindo uma molécula: transitando entre uma representação bidimensional para uma representação tridimensional.....	138
6.4 As representações na percepção dos estudantes e as contribuições da disciplina ...	143
CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS: O QUE FOI POSSÍVEL APRENDER COM A PESQUISA?	148
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	158
APÊNDICES 168	
APÊNDICE A – Quadro contendo os periódicos utilizados no capítulo 1.....	168
APÊNDICE B – <i>Google Formulários</i> com atividade da aula 02 (cada imagem corresponde a uma página).....	172
.....	173
APÊNDICE C – Texto da aula 03 “O vapor ajuda na limpeza de pele?” (cada imagem corresponde a uma página).....	173
APÊNDICE D – <i>Google Formulários</i> contendo atividade da aula 03.....	175
APÊNDICE E – Texto da aula 08 “Por que sentimos cheiros?” (cada imagem corresponde a uma página).....	176
APÊNDICE F – <i>Google Formulários</i> contendo atividade da aula 08.....	179
APÊNDICE G – <i>Google Formulários</i> contendo atividade da aula 09.....	179
APÊNDICE H – <i>Google Formulários</i> contendo avaliação da disciplina.....	179

INTRODUÇÃO

Ensinar Ciências e, mais especificamente, ensinar Química mostrou-se desafiador desde as primeiras experiências como docente. Ainda durante a graduação, iniciei minha jornada como professora, e, ao desenvolver aulas de Química, foi possível perceber certa aversão dos estudantes com a linguagem própria dessa Ciência, principalmente quando envolvia fórmulas moleculares e estruturais e as equações químicas. Esse tipo de representação era considerado, pelos estudantes, como um dificultador na disciplina.

Ao tratar da linguagem química, Roque e Silva (2008) retomam as dificuldades de interpretação e de descrição de fenômenos que envolvem a transformação da matéria e ressaltam que a criação dessa linguagem específica da Química foi uma necessidade. A Química é uma ciência que lida com “entidades” submicroscópicas, tais como átomos, moléculas, íons, elétrons, entre outras (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000), e, por isso mesmo, é abstrata. Portanto, para relacionar os fenômenos macroscópicos com esse mundo submicroscópico, a linguagem química é essencial.

Roque e Silva afirmam que essa linguagem própria da Química descreve, por meio de “modelos representados por fórmulas estruturais, equações, gráficos e figuras, as coisas do mundo” (ROQUE; SILVA, 2008, p. 921), da maneira como os químicos as compreendem. Embora nós, professores de Química, tenhamos consciência dessa contribuição, os estudantes nem sempre percebem as representações dessa Ciência como necessárias para entender os fenômenos presentes do dia a dia.

Como afirma Adami (2016), toda linguagem é, por natureza, multimodal, ou seja, usa de vários modos semióticos que incluem a fala e a escrita, mas também as fórmulas, os desenhos, os gráficos, as equações e, enfim, um conjunto de diferentes representações que visam à construção de significados. Com isso, as representações mostram-se essenciais para a Ciência e para todos que desejam entendê-la melhor.

Lynch (2006) defende que estudar a Ciência envolve torná-la mais compreensível para as pessoas, e, nesse sentido, as representações não são reprodutoras da natureza, mas ferramentas utilizadas com o intuito de resolução de problemas e para construção do conhecimento. Entendemos, então, que não é possível dissociar as representações da química – nem de outras disciplinas –, por mais que os estudantes apresentem dificuldades. É necessário buscar formas para lidar com essas representações em sala de aula. Escolhemos aprofundar nossos estudos nas representações, pois acreditamos que a melhoria da aprendizagem depende de os estudantes as entenderem. Mas, para isso, precisamos compreender o papel das representações no Ensino de Ciências e como elas podem tornar a aprendizagem mais significativa, de modo a trabalhar na construção de significados em vez da transmissão e memorização de conceitos (HAND; MCDERMOTT; PRAIN, 2016; PENA, 2021).

A própria Base Nacional Comum Curricular (BNCC) nos mostra a necessidade de trabalhar com as representações, pois, de acordo com esse documento, o Ensino de Ciências precisa promover situações nas quais os estudantes utilizem e construam representações, tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio, visando, principalmente, o letramento científico, que é “o desenvolvimento da capacidade de atuação no e sobre o mundo, importante ao exercício pleno da cidadania” (BRASIL, 2018, p. 321).

Sabendo que estudantes, no geral, têm dificuldade em lidar com as representações próprias da Química e de outros campos das Ciências da Natureza, consideramos importante desenvolver habilidades representacionais com o intuito de formar sujeitos críticos para atuar na nossa sociedade, que é repleta de representações. Para explorar melhor isso, apresentamos alguns exemplos. Quando um estudante levanta a mão na sala de aula, esse gesto representa que ele gostaria de falar algo. Para atravessar uma avenida, é preciso verificar o semáforo antes, uma vez que a cor exibida indicará se será preciso esperar ou não. Ao fazer uso de um GPS, é necessário interpretar as informações contidas no mapa apresentado, pois, dessa forma, será possível chegar ao local desejado. Um profissional da saúde precisa saber interpretar exames, contendo gráficos e números (como um hemograma), ou exames de imagens, como uma raio-X, por exemplo, para compreender a saúde do

paciente. Um arquiteto necessita saber construir representações em 3D para elaborar um projeto. Citamos como exemplo apenas algumas, de inúmeras situações, nas quais as representações estão presentes no cotidiano. Nosso intuito com isso é mostrar que, mesmo que de forma inconsciente, estamos a todo tempo utilizando e interpretando representações.

No entanto, para desenvolver habilidades representacionais, almejando o letramento científico, acreditamos que as representações deveriam ser exploradas ao longo da educação básica. Tytler *et al.* (2013b) defendem que é necessário oportunizar um ambiente na sala de aula em que o estudante seja desafiado a construir, interpretar, refinar e justificar suas próprias representações, dentro de uma sequência didática, com etapas que irão proporcionar o aprendizado de conceitos da Ciência. Essa linha de estudos foi nomeada como “Representações Multimodais”, e, ao conhecê-la, vimos nela uma oportunidade de trabalho em sala de aula visando ao desenvolvimento de habilidades representacionais.

Nossa experiência com o Ensino de Química e de Ciências e a imersão em alguns referenciais que, de certa forma, se alinham à perspectiva com a qual temos atuado nos mostram que existe relação inerente entre as práticas epistêmicas e as representações multimodais, embora, na etapa de planejamento desta investigação, essa relação configurava-se como intuitiva. Com a estruturação desse trabalho, exploramos mais esse vínculo, considerando o contexto do Ensino Fundamental em tempos de Ensino Remoto Emergencial.

Assim, nossa pesquisa teve como objetivo **investigar as representações multimodais como ferramenta epistêmica em aulas remotas do Ensino Fundamental e o envolvimento dos estudantes com a Ciência ao fazer uso dessas representações**. Para entender esse papel, nos propusemos a investigar mais especificamente alguns pontos que poderiam auxiliar-nos com as seguintes questões de pesquisa:

- i. Como é o envolvimento dos estudantes com a Ciência escolar ao participarem de um processo de construção, comunicação, negociação e reelaboração de representações em aulas remotas?

- ii. Os estudantes, ao terem múltiplas oportunidades para representar, traduzir, justificar e reconfigurar compreensões, valorizam as representações como uma forma de organizar o próprio pensamento?
- iii. As tecnologias educacionais podem auxiliar no desenvolvimento de habilidades que permitem ao estudante transitar entre diferentes modos de representação?
- iv. Ao participar de uma abordagem pautada na construção, comunicação, negociação e reelaboração de representações, quais indícios permitem afirmar que os estudantes foram estimulados a agir com agência epistêmica?

Acreditamos que inserir a proposta de representações multimodais em sala de aula, utilizando-a como ferramenta epistêmica, poderia auxiliar-nos a melhorar a maneira como os estudantes lidam com as representações durante sua formação. Além disso, por se tratar de uma linha de investigação pouco explorada no contexto brasileiro, os resultados advindos desta pesquisa poderiam contribuir para o campo de pesquisa em Ensino de Ciências e para a prática de professores da educação básica, mais especificamente os professores de Ciências.

Acreditamos, também, que as representações, se utilizadas de forma coerente, podem ser uma ferramenta epistêmica para promover a agência epistêmica na sala de aula e aproximar a cultura escolar da cultura científica. Com isso, o Ensino de Ciências pode configurar-se para além do acúmulo de conteúdo técnico e formar sujeitos críticos em um ensino mais autêntico (DUSCHL; GRANDY, 2008; TYTLER *et al.*, 2013a).

O texto que relata nossa pesquisa foi estruturado em 6 capítulos, sendo que, no capítulo 1, apresentamos um levantamento bibliográfico, em que foi explorada a origem do termo “representações multimodais”. Para isso, consideramos trabalhos de pesquisadores que investigam as representações no Ensino de Ciências, apresentando um panorama que relaciona esses estudos com as práticas epistêmicas e com os níveis de pensamento propostos por Johnstone (1982).

No capítulo 2, está o aporte teórico utilizado neste trabalho, tanto para a construção da sequência didática quanto para a análise dos dados construídos. Sendo assim, discorreremos sobre aspectos teóricos envolvendo a multimodalidade, as práticas epistêmicas e as representações multimodais. Já no capítulo 3 descrevemos o nosso percurso metodológico, apresentando e justificando, com aporte teórico apresentado no capítulo anterior, nossas escolhas em cada etapa desse percurso.

Foram discutidos, nos capítulos 4, 5 e 6, os dados construídos durante a pesquisa, sendo que, no capítulo 4, apresentamos uma visão geral da sequência didática, discorrendo sobre a participação dos estudantes no ERE. Além disso, analisamos brevemente a primeira aula da sequência didática, com o intuito de compreender algumas concepções prévias dos estudantes. Em seguida, no capítulo 5, aprofundamos a discussão considerando os resultados da segunda à quinta aula da sequência didática, relativas à preparação e à construção das representações, envolvendo o modelo cinético-molecular.

Para fechar a análise dos dados, no capítulo 6, investigamos a capacidade dos estudantes em transitar entre modos representacionais distintos, a partir do estudo de fenômenos como a volatilidade e a solubilidade. Por fim, no último capítulo, temos as considerações finais, em que retomamos e respondemos a cada uma das questões propostas ao iniciarmos esta pesquisa.

CAPÍTULO 1 - O QUE SABEMOS SOBRE REPRESENTAÇÕES NA SALA DE AULA? EXPLORANDO NOVAS ÁGUAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

A seleção de trabalhos envolvendo o tema em questão mostrou-se uma tarefa árdua, principalmente pelo fato de os estudos envolvendo as Representações Multimodais (RM) no Ensino de Ciências ainda serem recentes. Para a busca nos bancos de dados, usamos como critério ser trabalhos revisados por pares e utilizamos duas plataformas: a base “*Educational Resources Information Center (ERIC)*” e o “*Google Scholar*”, além de periódicos da área de Ensino de Ciências (ver Apêndice A), classificados como Qualis A. Os termos usados nessa busca foram: *Multimodal representation, multiple representations, multimodality, visual representations, pictorial illustration, epistemic pratics e epistemic tool*. Mesmo considerando os artigos publicados nos últimos vinte anos, foram selecionados 31 trabalhos em periódicos distintos – conforme apêndice A –, sendo a maior parte deles proveniente da base de dados ERIC. A plataforma de busca *Google Scholar* e os periódicos nacionais foram usados para identificar trabalhos publicados em português e, portanto, pesquisas que envolvem o cenário educacional nacional. Nesse caso, utilizamos os mesmos termos citados anteriormente, porém traduzidos para o português.

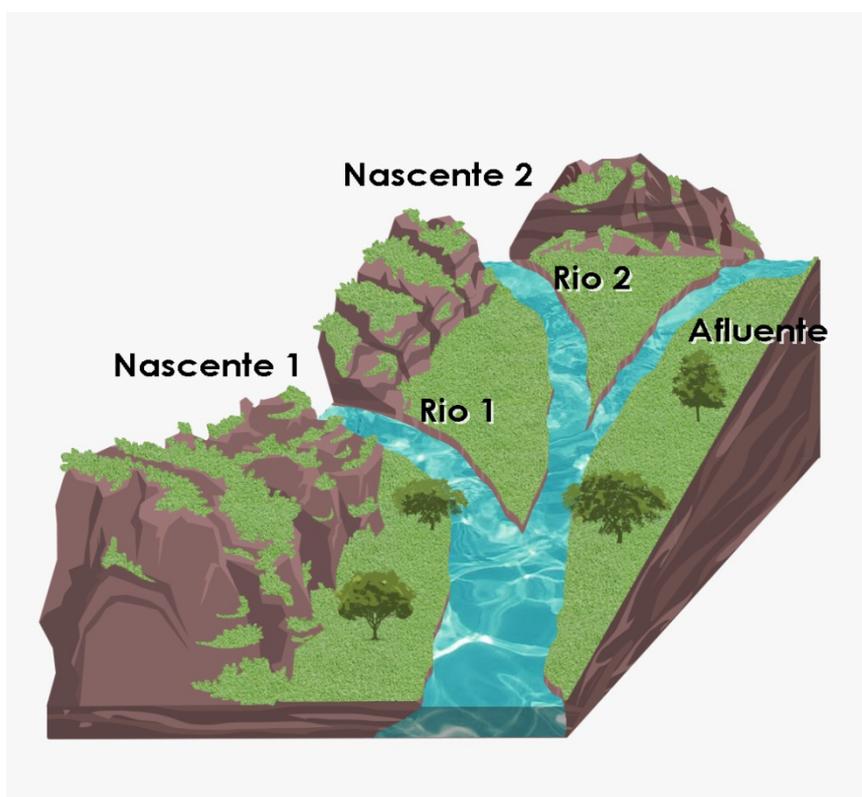
A partir dos trabalhos encontrados na literatura, buscamos entender melhor como as representações multimodais estão sendo tratadas por pesquisadores que investigam o Ensino de Ciências e como elas se relacionam com as práticas epistêmicas e com os níveis de pensamento no Ensino de Química, propostos por Johnstone (1982). Isso nos levou a dividir essa parte do texto em: investigando a origem do termo representações multimodais; o crescimento e a estruturação dos trabalhos envolvendo as representações; as múltiplas representações no Ensino de Ciências; as Representações Multimodais e o protagonismo do estudante. Para isso, usamos a analogia de um rio principal formado por rios distintos e seus afluentes e que será mais bem explorado a seguir.

1.1 Investigando a origem do termo “representações multimodais”

A intenção da busca realizada, além de conhecer o que vem sendo pesquisado na área, foi a de compreender melhor a origem do termo “representações multimodais” (RM), linha de investigação que vem recebendo reconhecimento nas pesquisas da

Educação, em específico no Ensino de Ciências. A leitura desses trabalhos possibilitou a identificação de algumas tendências, controvérsias e consensos entre os pesquisadores, que serão mostrados no decorrer do texto. A princípio, acreditamos ser importante entender alguns aspectos históricos sobre o desenvolvimento das pesquisas que originaram o termo RM, cujo surgimento pode ser análogo ao encontro de águas de rios distintos, como mostrado de forma simplificada na Figura 1.

Figura 1 – Analogia do surgimento do termo “representações multimodais” com a formação de um rio



Fonte: elaborado pelas autoras, 2021¹

Não iremos discutir o trajeto específico de cada rio, ou seja, não aprofundaremos a análise sobre a evolução dessas pesquisas no decorrer do tempo e de quais outros trabalhos elas se originaram. Embora reconheçamos que isso poderia contribuir para o campo, não se mostra viável no espaço/tempo destinado a essa investigação. Optamos por discorrer sobre o ponto de encontro desses rios, que originou o termo

¹ Imagem construída pela designer Rafaela Lucci Imakawa de Andrade.

“representações multimodais”, fornecendo uma ideia de como chegamos a esse tema.

Para realizar essa análise, é necessário, primeiramente, pensarmos sobre a nascente de cada rio, como analogia do que originou o termo RM, usado neste trabalho. Por um lado, na primeira nascente, temos como marco inicial o trabalho de Johnstone (1982), que propõe três níveis de pensamento no Ensino de Química, sendo eles: níveis descritivo e funcional, abrangendo questões fenomenológicas; nível representacional, enquadrando símbolos e sinais para comunicar ideias ou conceitos; e nível explicativo, envolvendo a explicação dos fenômenos. Após alguns questionamentos e as consequentes alterações, propostas por ele mesmo e por outros pesquisadores da área, esses níveis foram nomeados como “macroscópico”, “simbólico” e “submicroscópico”, respectivamente (GABEL, 1999; GILBERT; TREAGUST, 2009; JOHNSTONE, 1991).

Talanquer (2011) discute, de forma detalhada, a história e a evolução desses níveis, mas, conforme já mencionado, esse é um assunto que não se enquadra no escopo deste trabalho. Entretanto, acreditamos que ter ciência da existência dessas pesquisas é um fator importante no entendimento dos estudos sobre representações multimodais, pois, de acordo com Johnstone (1982, 2000), para o estudante compreender a Química, é necessário que ele transite entre os três níveis de pensamento. Esse argumento de Johnstone foi um dos fatores – se não o principal – que desencadeou a formação do nosso primeiro rio. A partir dos estudos de Johnstone (1982, 2000), houve um aumento considerável de pesquisas que visavam compreender melhor o papel de cada nível no ensino, principalmente em se tratando das representações, que geralmente são associadas ao nível simbólico. Tanto o nível simbólico quanto o submicroscópico situam-se no mundo abstrato, próprio da Química e, por isso mesmo, são considerados mais complexos quando se trata de construir entendimentos junto aos estudantes (BEN-ZVI; EYLON; SILBERSTEIN, 1987; GILBERT, 2010).

Paralelamente a isso, na nascente 2, temos como marco inicial trabalhos que investigam e valorizam a comunicação e o uso da linguagem no Ensino de Ciências (CANDELA, 1999; HALLIDAY; MARTIN, 1993; MORTIMER, 1998; MORTIMER;

SCOTT, 2003; OGBORN *et al.*, 1996), e muitos deles estão referenciados na obra de Halliday.

A Gramática Sistêmico-Funcional, proposta por Halliday (1978), mostrou que as linguagens verbal e escrita nem sempre são suficientes para comunicar uma ideia. De posse desse estudo, Lemke (1998) afirma que as linguagens verbal e escrita não são os únicos modos semióticos utilizados pelos cientistas na produção e na comunicação do conhecimento, uma vez que são utilizadas representações em forma de textos, imagens, gráficos, gestos, entre outras. Para ele, a comunicação é, por natureza, multimodal, e, nesse sentido, os estudos envolvendo a multimodalidade no Ensino de Ciências emergiram e deram uma nova perspectiva para o estudo da comunicação em sala de aula (JEWITT, 2009; KRESS, 2010a, 2010b; KRESS; VAN LEEUWEN, 1996; NORRIS, 2004). Logo, o crescimento de pesquisas que englobam a multimodalidade foi estruturando nosso segundo rio. A escola mais tradicional tem centrado a comunicação entre professor e estudantes principalmente nos modos escrita e fala, ou seja, nas linguagens escrita e falada. Porém, pesquisas têm mostrado que outros modos semióticos são importantes para a construção de significados em sala de aula (MORTIMER *et al.*, 2015; RIBEIRO, 2020). Entre esses modos, está a representação, nas suas inúmeras formas.

Vale observar, na Figura 1, a presença de um afluente², o qual foi destacado, pois nele está uma parcela de pesquisas que, assim como as pesquisas que estruturam nosso segundo rio, se preocupam também com as interações cognitivas e discursivas em sala de aula. Nesse contexto, destacamos os trabalhos que envolvem as Práticas Epistêmicas (PEs), definidas como atividades sociais que emergem em situações nas quais os estudantes engajam-se na produção, na comunicação ou na avaliação do conhecimento científico (ARAÚJO, 2008; BATISTONI E SILVA, 2015; KELLY, 2008; KELLY; DUSCHL, 2002; SANDOVAL; MILLWOOD, 2005; VALLE, 2014). Esse envolvimento pode auxiliar tanto no entendimento conceitual quanto no entendimento mais amplo da Ciência em si. Elas foram incluídas nessa revisão em função tanto da sua contribuição no Ensino de Ciências quanto pelo fato de a linguagem representacional ser uma dessas práticas, o que nos conduz para a interseção desses fluxos de água.

² Rios e cursos de água menores que desaguam em rios principais.

1.2 O encontro das águas: crescimento e estruturação dos trabalhos envolvendo as representações

Os estudos sobre representações sinalizam o encontro das águas desses rios distintos, que, com isso, mantêm certa aproximação. Consideramos que os estudos de Johnstone e a multimodalidade servem de suporte para fortalecer os dois referenciais em que acreditamos possuir um grande potencial na área da Educação: as práticas epistêmicas e as representações multimodais.

As representações, conhecidas também como “representações visuais”, existem em duas formas ontológicas: internas e externas. A primeira forma está associada à modelagem, pois são enquadradas as construções/imagens mentais do sujeito. Por outro lado, a segunda forma pode ser entendida como aquilo que outras pessoas podem ver, ou seja, aquilo que pode ser compartilhado (GILBERT, 2010). Existe uma confusão na literatura em relação à definição de representações e modelagem, gerando uma tautologia, ou seja, palavras diferentes que compartilham o mesmo sentido (GILBERT, 2013; HUBBER; TYTLER, 2013). Entretanto, acreditamos que é essencial compreender a definição de ambas, sendo assim:

As representações são os recursos ou ferramentas fundamentais através dos quais os modelos são construídos e interpretados, ou podem ser os próprios modelos [...] Todos os modelos podem, nesta perspectiva, ser classificados como representações. No entanto, nem todas as representações são modelos. (HUBBER; TYTLER, 2013, p. 111, tradução nossa)³.

Esta pesquisa tem como foco a representação externa, contudo temos ciência de que ambas estão interligadas, visto que sua construção exige um raciocínio que se utiliza das representações internas, mesmo não sendo elas o objetivo principal. O raciocínio contrário também é válido, pois é possível a “formação de uma representação interna a partir de uma representação externa” (GILBERT, 2008, p. 4, tradução nossa)⁴, neste caso, criada pelo próprio sujeito ou por outra pessoa.

Nós mapeamos trabalhos com diferentes escopos envolvendo as representações no Ensino de Ciências que foram construídas pelos estudantes (BARONE; BARONE,

³ “Representations are the fundamental resources, or tools, through which models are constructed and interpreted, or they can be models themselves [...] All models can, from this perspective, be classified as representations. However, not all representations are models.” (HUBBER; TYTLER, 2013, p. 111).

⁴ “[...] formation of an internal representation from an external representation [...]” (GILBERT, 2008, p. 4)

2017; COLEMAN; BRADLEY; DONOVAN, 2012; GALANO *et al.*, 2018; KLEIN; LABURÚ, 2012; KOREN; KLAVIR; GORODETSKY, 2005; MEMIŞ; ÖZ, 2017; WESTLUND, 2018), sendo que, nessas pesquisas, foi considerado apenas o produto final, ou seja, a análise foi em torno da representação elaborada. Não houve dados e investigações que considerassem o processo de construção da representação.

Há também trabalhos em que os estudantes utilizam as representações presentes em materiais didáticos (CHEN; GLADDING, 2014; HÖST, G. E.; SCHÖNBORN, HÖST; SCHÖNBORN; PALMERIUS, 2012; PEREIRA; TERRAZAN, 2011) ou em avaliações (TIMA; SUTRISNO, 2018), de modo a interpretá-las para resolução de um problema proposto pelo professor.

Para exemplificar, vamos destacar dois trabalhos que se enquadram no primeiro grupo. O trabalho de Barone e Barone (2017) relata um estudo envolvendo 59 estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental que foi desenvolvido com a finalidade de investigar como as representações visuais poderiam auxiliar na compreensão de um texto. As pesquisadoras leram para os estudantes um livro de ficção, de modo que, após essa atividade, eles deveriam desenhar determinadas cenas de acordo com sua própria interpretação. Juntamente com a ilustração – que poderia ser feita em forma de desenho, diagrama, linha do tempo etc. –, foi solicitado que eles escrevessem um texto com intuito de explicar o que entenderam da cena escolhida. A partir dos resultados, foi possível observar que, além de as representações visuais terem uma relação com o emocional do estudante, elas também auxiliaram na construção de significados, uma vez que proporcionaram um entendimento inferencial sobre o texto.

No trabalho de Westlund (2018), também foi possível observar essa relação entre as representações e os sentimentos dos estudantes. Nesse caso, o estudo foi realizado em uma disciplina de Ciências, com estudantes que possuíam entre 7 e 9 anos. De acordo com a pesquisadora, eles estavam acostumados com abordagens em que as representações canônicas eram apenas apresentadas. Nesse contexto, foi solicitado que eles produzissem suas próprias representações sobre tópicos pré-selecionados da disciplina. Questões como tamanho, forma, cores, detalhes etc. foram consideradas durante a análise, sendo observado que cada composição carrega

diferentes significados. A pesquisadora defende que o fato de o estudante construir suas próprias representações é vantajoso no processo de aprendizagem, visto que mostra um envolvimento pessoal com o conteúdo e contribui para a alfabetização científica visual. Entretanto, o papel do professor influencia diretamente nesse processo, pois é necessário que ele saiba analisar as representações dos seus estudantes, uma vez que nem todas as representações construídas são adequadas. Assim sendo, esse pesquisador afirma que cabe ao docente avaliar os significados atribuídos pelos estudantes e tomar decisões conscientes acerca da abordagem utilizada.

Assim como relatado na pesquisa de Westlund (2018), em diversos contextos escolares, não é oportunizado que o estudante construa suas próprias representações, privilegiando que ele utilize aquelas já existentes. Essas publicações compõem o segundo grupo destacado anteriormente. Considerando isso, é possível notar uma tendência nas pesquisas que envolvem a análise de materiais didáticos, uma vez que muitas delas realizam críticas à forma como as representações canônicas são apresentadas aos estudantes.

As representações canônicas são modelos criados pela Ciência, produto de pesquisas e análises, para facilitar a compreensão acerca de um determinado assunto. Segundo Martins (2006), os livros didáticos utilizam as mesmas abordagens discursivas, independentemente do autor e do conteúdo, ou seja, a forma como as representações são utilizadas e algumas analogias são perpetuadas, não variam. Esse autor cita, como exemplo:

as representações canônicas da ciência (linhas de um campo magnético, a dupla hélice do DNA, a tabela periódica), imagens didaticamente autorizadas (diagramas da célula, átomo de Bohr), algumas analogias (o sistema imunológico como um exército, o circuito elétrico como um sistema hidráulico) e modelos de organização de conteúdos (definições, exercícios). (MARTINS, 2006, p. 127)

A crítica central, nesse caso, está relacionada à exclusão de aspectos de Natureza da Ciência, já que as representações visuais são, geralmente, apresentadas para o estudante na forma de um produto, desconsiderando os processos e o enredo histórico pelos quais elas passaram, até serem consideradas/aceitas pela Ciência. Um exemplo disso é a representação da fita de DNA, mostrada nos livros didáticos como uma dupla hélice. Até chegar a essa estrutura, essa molécula foi proposta de

várias formas, que perpassam desde diversas cadeias enroladas entre si até modelos que continham três hélices. Além dessas várias proposições, há uma trama por trás da proposição da dupla hélice, envolvendo disputa entre grupos de cientista e, até mesmo, um forte machismo, que não é discutido.

Acevedo-Díaz, García-Carmona e Aragón (2016) produziram um texto no qual há uma síntese da descoberta da dupla hélice do DNA. Segundo eles, existiam alguns grupos de pesquisadores interessados em desvendar a estrutura do DNA, com a intenção de propor um modelo para ela. Os cientistas fizeram diversas suposições baseadas em experimentos de difração de raio X e técnicas de cristalografia, entretanto nenhuma teoria condizia, de fato, com os dados empíricos. Por ser especialista em uma dessas técnicas, Rosalind Elsie Franklin, formada em Ciências da Natureza, foi convidada para trabalhar em um laboratório do *King's College*, de Londres, com cientistas que também almejavam decifrar a estrutura da molécula de DNA. Todavia, sua presença como pesquisadora não foi muito bem aceita, principalmente por Maurice Wilkins, seu colega de trabalho. Ao que parece, Franklin era tratada por Wilkins como subordinada, e, ao se impor, ocorriam desavenças entre ambos. Esses conflitos estavam impactando diretamente a pesquisa, pois, ao invés de trabalharem em equipe, cada um realizava sua investigação separadamente.

Em um laboratório em Cavendish, Cambridge, havia outro grupo de pesquisadores composto por Francis Crick e James Watson, que também visava a essa descoberta. A “vontade” de descobrir isso primeiro levava a uma grande competição entre esses grupos. Aparentemente, Franklin estava obtendo dados interessantes com seus trabalhos experimentais, principalmente por ter obtido a famosa “foto 51”, a partir de cristalografia em raio X, e que mostrava a forma B da estrutura do DNA. Não se sabe exatamente como, mas, supostamente, por influência de Wilkins, em 1953 uma cópia dessa foto chegou até Watson e Crick, sem que Franklin soubesse. No mesmo ano, Watson e Crick propuseram um modelo de DNA cuja estrutura era em forma de dupla hélice e, em 1962, receberam o prêmio Nobel de medicina e fisiologia, junto com Wilkins. Franklin nem sequer foi citada e ainda foi criticada no discurso de um deles, durante a premiação (ACEVEDO-DÍAZ; GARCÍA-CARMONA;

ARAGÓN, 2016). Apenas alguns anos mais tarde a sua contribuição foi reconhecida, embora o Nobel tenha sido destinado apenas a Watson, Crick e Wilkins.

Apresentamos essa história para mostrar que, ao exibir para o estudante apenas a representação canônica da molécula de DNA, com sua dupla hélice, estamos desconsiderando todo esse processo de construção do conhecimento. Isso desfavorece a ele conhecer fatores importantes que estão envolvidos na produção da Ciência e, ainda, entender como se chegou àquela representação. Dessa forma, não expomos o machismo presente naquela época – e que ainda se faz presente hoje tanto na sociedade quanto na Ciência –, uma vez que o ambiente acadêmico era majoritariamente masculino, e as mulheres não tinham oportunidades iguais para desenvolver seus trabalhos, mesmo tendo competência. Não expomos para o estudante como a parceria com outros cientistas pode gerar um conhecimento mais estruturado, visto que a estrutura de DNA proposta por Crick e Watson só foi possível com os dados empíricos de Rosalind Franklin. Geralmente, deixamos, nas nossas aulas, subentendido que as representações são um produto pronto da ciência, originadas do método científico, de forma a ignorar a dimensão epistêmica presente.

Apesar de muitos pesquisadores apontarem para o fato de as representações serem entendidas pelos estudantes como um produto que carrega consigo algo de “verdade”, foi possível identificar uma tendência em pesquisas cuja análise gira em torno das representações, que não necessariamente se situam nos livros didáticos. No trabalho de Höst, Schönborn e Palmerius (2012), por exemplo, foi analisado como estudantes de graduação interpretam representações de experimentos químicos reais, obtidas com a ajuda de *softwares*. Os estudantes deveriam averiguar a polaridade de 20 moléculas a partir da análise de imagens geradas em 3 programas distintos, ou seja, cada molécula possuía 3 representações, em modos visuais diferentes, as quais continham informações e parâmetros específicos, como, por exemplo, geometria, gradiente de cor, nuvem eletrônica, potencial eletrostático etc. Os pesquisadores apontam que houve uma dificuldade na interpretação de 2 modos visuais específicos, uma vez que, para interpretar a polaridade, os estudantes tinham de lidar com outras variáveis nas representações que poderiam favorecer, ou não, a análise. Contudo, apresentar representações visuais obtidas

empiricamente mostrou-se promissor para a aprendizagem de propriedades químicas.

Chen e Gladding (2014), por sua vez, realizaram uma pesquisa no Ensino de Física, envolvendo 74 estudantes de graduação, de uma disciplina cujo conteúdo estudado envolvia o potencial elétrico. Foi elaborado um material multimídia contendo um tutorial que ensinava a expressão integral do potencial elétrico. A partir disso, os pesquisadores elaboraram três versões que se diferenciavam apenas no *design*, ou seja, nas representações visuais, sendo que apenas um deles “continha características perceptivas que ativam símbolos perceptivos essenciais para a construção de ideias.” (CHEN; GLADDING, 2014, p. 1, tradução nossa).⁵ Essas características foram escolhidas considerando um referencial da psicologia cognitiva, sendo que esse material continha animações estratégicas, com o intuito de estimular visualmente os estudantes. Os participantes foram divididos em três grupos, de modo que cada grupo recebeu um material específico durante as aulas. Como resultado, observou-se que os estudantes que receberam a versão do material que continha as representações visuais com as animações superaram significativamente – em termos de aprendizagem – os que receberam os outros materiais com as representações visuais convencionais, comumente usadas nas salas de aula.

Por fim, identificamos também trabalhos que analisam as representações à margem da teoria da multimodalidade. Nesse contexto, há pesquisas que investigam a utilização de diferentes modos semióticos e como a influência docente pode promover a transição dos estudantes entre eles (KLEIN; LABURÚ, 2012; PEREIRA; TERRAZAN, 2011; ZOMPERO; LABURÚ, 2010). Para ilustrar essa categoria, temos o trabalho de Pereira e Terrazan (2011), que investigaram 25 textos infantis de popularização científica envolvendo ecologia e meio ambiente. Esses textos são utilizados como material de apoio nas aulas de Ciências, sendo constatado que, apesar de eles fazerem uso da multimodalidade, ainda que de forma limitada, o papel do professor é essencial. Os autores afirmam que:

Para eles serem utilizados no Ensino de Ciências de modo que os estudantes se beneficiem das imagens, esses textos dependem da mediação/orientação dos professores, dos quais a habilidade de leitura

⁵ “... only one of which contained perceptual features that activate perceptual symbols essential for constructing the idea...” (CHEN; GLADDING, 2014, p. 1).

multimodal é demandada como conhecimento prévio. (PEREIRA; TERRAZAN, 2011, p. 502)

Portanto, esse trabalho, assim como os outros citados, chama atenção para as estratégias usadas pelo professor, que pode conduzir a discussão para além do que é apresentado nesses materiais didáticos. Essas pesquisas frisam uma necessidade de “capacitação dos professores, não só de Ciências, mas de todas as áreas, em leitura multimodal [...] para que se possa promover, com efetividade, a habilidade de leitura multimodal dos estudantes da Educação Básica.” (PEREIRA; TERRAZAN, 2011, p. 502).

Analisando os trabalhos produzidos, foi possível perceber um olhar mais atento de pesquisas envolvendo as representações, apesar de que, na maioria dos casos, os estudantes utilizam-se de representações já elaboradas, ou seja, não é solicitado que eles construam representações para explicar “coisas” do mundo, seja ele submicroscópico ou macroscópico. Entretanto, existe uma parcela de trabalhos citados que estimula a construção de representações pelos estudantes, mas observamos que a investigação tem como foco a representação como produto final. Isso significa que o processo de construção da representação, tal qual a justificção e a negociação, não são alvos do estudo, o que nos leva para o próximo tópico.

1.3 Consolidando o encontro das águas: as múltiplas representações no Ensino de Ciências

Em paralelo a esse cenário de crescente interesse pelo papel das representações e da linguagem no Ensino de Ciências, foi sendo, aos poucos, usado o termo **múltiplas representações (MR)**, abrangendo a comunicação de ideias semelhantes por meio de diferentes formas de representação (PRAIN; TYTLER; PETERSON, 2009; PRAIN; WALDRIP, 2006). Em vista disso, várias pesquisas foram desenvolvidas tendo como foco, principalmente, o professor. No geral, o interesse é investigar como a utilização de múltiplas representações pelos docentes poderia auxiliar no processo de aprendizagem dos estudantes. Essas diferentes formas de representar incluem diferentes modos semióticos, ou seja, a multimodalidade.

Entre os trabalhos já publicados, destacam-se aqueles que são voltados para a utilização das MR na prática pedagógica (PRAIN; WALDRIP, 2006; TANG;

DELGADO; MOJE, 2014; TREAGUST; CHITTLEBOROUGH; MAMIALA, 2003) e na construção de representações como uma estratégia de ensino (COLEMAN; BRADLEY; DONOVAN, 2012; HOBAN; NIELSEN, 2012). Nesse caso, destacamos o trabalho de Hoban e Nielsen (2012), que realizaram um estudo de caso com três professores em formação. Foi solicitado que cada professor construísse uma animação em *slowmotion*, com duração máxima de 2 minutos, explicando um conceito da disciplina de Ciências para estudantes do Ensino Fundamental. Essa animação foi construída com a finalidade de trabalhar um conceito científico em um modo semiótico diferente daqueles comumente usados. A partir desse estudo, os autores defendem que, ao construir suas próprias representações, o professor pode oportunizar debates na turma e fornecer oportunidades para os estudantes criarem suas próprias representações, de modo a compreender o conhecimento científico desenvolvido na disciplina.

O trabalho de Hoban e Nielsen (2012), assim como os demais citados, alerta-nos sobre a necessidade e a importância de inserir e trabalhar as representações na sala de aula. A pesquisa de Prain e Waldrup (2006) também reforça essa ideia, uma vez que, ao investigar a concepção dos professores acerca do uso de múltiplas representações, observou-se que, apesar de eles estarem cientes da diversidade de modos (auditivo, visual, ambiental etc.), havia uma tendência em utilizá-los como recursos para promover interesse em determinados assuntos ou para atender à diversidade de estilos de aprendizagem dos estudantes. Ao considerar os estilos de aprendizagem, esses professores não estavam usando diferentes representações para auxiliar na construção de significados, ou seja, os professores utilizam “uma ampla gama de modos, mas não focalizavam o papel ou demandas desses modos no planejamento, enquadramento e condução de avaliações formativas e somativas.” (PRAIN; WALDRUP, 2006, p. 1851, tradução nossa).⁶

Apesar de os trabalhos citados até então centrarem o uso de múltiplas representações, relacionados à prática dos professores, é válido ressaltar que existem pesquisas sobre MR cujo foco está voltado nos estudantes. Nesse contexto, os estudantes podem utilizar-se de diversas representações prontas para resolução de algum problema (COLEMAN; BRADLEY; DONOVAN, 2012; MEMIŞ; ÖZ, 2017),

⁶ “... a wide range of modes but did not focus on the role or demands of these modes in planning, framing, and conducting formative or summative assessment.” (PRAIN; WALDRUP, 2006, p. 1851).

ou podem construir suas próprias representações (HAND; CHOI, 2010; HAND; GUNEL; ULU, 2009; ZHANG, 2016). No entanto, essas pesquisas também não estudam o processo de construção, mas sim a representação como um produto final.

Para exemplificar isso, destacamos o trabalho de Hand e Choi (2010), que examinam como o uso de múltiplas representações embasam os argumentos escritos dos estudantes em atividades de laboratório. Esse estudo foi realizado com estudantes da graduação que cursavam uma disciplina de Química Orgânica. Eles participavam de aulas práticas nas quais era necessário produzir relatórios escritos com explicações sobre as evidências coletadas durante os experimentos. Nesse cenário, os pesquisadores analisaram as combinações de representações utilizadas em cada relatório, sendo elas textos, desenhos, gráficos, tabelas, diagramas, estruturas químicas e equações matemáticas. A partir disso, eles observaram que a incorporação de mais de uma representação para explicar uma evidência proporcionou aos estudantes a construção de argumentos holísticos para explicar o fenômeno observado. Portanto, como “as ciências são representados por meio de diferentes formas modais, os estudantes precisam ter oportunidades de se envolverem com essas formas.” (HAND; CHOI, 2010, p. 43, tradução nossa).⁷

O termo “múltiplas representações” também foi encontrado em pesquisas cujo objetivo era discorrer sobre os textos multimodais no Ensino de Ciências, analisando materiais didáticos e investigando se as representações auxiliam na construção de significados pelos estudantes. Como exemplo disso, destacamos o trabalho de Coleman, Bradley e Donovan (2012), os quais analisaram as representações (fotos, tabelas, diagramas etc.) em cinco livros infantis que abordam fenômenos meteorológicos. Além disso, eles analisaram como uma professora que também era uma das autoras utilizou esses recursos visuais com seus estudantes para apoiar a compreensão do texto. Nesse caso, os autores argumentaram que cabe ao professor chamar atenção dos estudantes para as representações visuais e trabalhá-las em sala de aula, pois isso poderá auxiliar as crianças na compreensão e na comunicação de seus entendimentos sobre os conceitos científicos aprendidos.

⁷ “As all science concepts are represented through different modal forms, students need to be provided with opportunities to engage with these forms.” (HAND; CHOI, 2010, p. 43)

A pesquisa de Coleman, Bradley e Donovan (2012), assim como diversas outras, mostra-nos a importância das múltiplas representações no Ensino de Ciências, principalmente considerando a prática docente. Em relação às implicações das MR no ensino, eles afirmam que:

A implicação é que os professores de ciências devem apresentar aos estudantes diferentes representações que expressem informações equivalentes, porque cada uma delas destaca diferentes aspectos da situação. Raramente existem situações em que uma única representação, como dados tabulados, é eficaz para todas as tarefas. (YORE; TREAGUST, 2006, p. 309, tradução nossa)⁸

Entretanto, apesar dos esforços dos professores, muitas vezes os estudantes não compreendem o papel das representações para auxiliar na aprendizagem. Para atribuir sentido, é interessante que a abordagem utilizada tenha cunho social e que envolva a discussão e a negociação do conceito (TREAGUST; CHITTLEBOROUGH; MAMIALA, 2003), o que nos leva para a formação de um novo rio, cujos trabalhos englobam e analisam o processo de construção de representações pelos estudantes, mediado pelo professor.

1.4 A formação de um novo rio: as Representações Multimodais e o protagonismo do estudante

Os avanços nas pesquisas envolvendo as múltiplas representações, ancorados na contribuição dos trabalhos de Vygotsky, que enfatizam o papel social na construção do conhecimento, mostraram que era preciso ir além do uso de múltiplas representações. Foi pensando nisso que Tytler *et al* (2013a) propuseram o termo **representações multimodais**, para uma forma de uso dessas representações que valoriza mais o protagonismo dos estudantes.

Por serem recentes na literatura, os termos “múltiplas representações (MR)” e “representações multimodais (RM)”, a princípio, podem parecer referir-se à mesma proposta, mas trata-se de termos distintos. Encontramos dificuldade para categorizar os artigos que compõem este levantamento bibliográfico, pois não são todos os pesquisadores que fazem a distinção entre esses termos, dando a entender que

⁸ “The implication is that science teachers should present to students different representations that express equivalent information because each makes salient different aspects of the situation. There are rarely situations where a single representation, such as tabulated data, is effective for all tasks.” (YORE; TREAGUST, 2006, p. 309)

possuem o mesmo significado. Entretanto, ressaltamos que há uma diferença significativa e acreditamos que é necessário frisá-la, uma vez que isso acarretará desfechos consideravelmente distintos na análise da pesquisa.

De acordo com Prain e Tytler (2013), é necessário que os estudantes desenvolvam competências representacionais, pois, além de serem cruciais para aprender Ciências, elas são importantes para eles se envolverem na construção de relações entre uma representação e seu respectivo significado.

As 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; PENA; BOTELHO, 2020, p. 24)

As representações multimodais e as múltiplas representações estão incorporadas no Ensino de Ciências, de modo que, por um lado, temos a prática de representar o mesmo conceito de formas diferentes – MR –, e, por outro, temos a integração de diferentes modos no discurso científico, visando representar o raciocínio do estudante e as descobertas científicas – RM (PRAIN; WALDRIP, 2006; ZOMPERO; LABURÚ, 2010). Em outras palavras,

Múltiplas representações referem-se à capacidade do discurso da Ciência de representar os mesmos conceitos e processos em diferentes modos, incluindo formas verbais, gráficas e numéricas. “Multimodais” refere-se à prática no discurso da Ciência de coordenar diferentes modos para representar afirmações e evidências complexas, onde modos textuais, matemáticos e visuais são integrados para explicar e justificar descobertas. (TYTLER *et al.*, 2013a, p. 15, tradução nossa)⁹

Pensando nisso, nas RM há um interesse no processo de elaboração das representações e no papel delas como uma prática epistêmica, que pode ser caracterizada pela “construção de explicações, modelos explicativos ou argumentações, e práticas desempenhadas em aulas de ciências, [...] associadas à promoção de interações entre estudantes, professor e os conhecimentos” (SASSERON; DUSCHL, 2016, p. 57).

⁹ “‘Multiple representations’ refers to the capacity of science discourse to represent the same concepts and processes in different modes, including verbal, graphic and numerical forms. ‘Multi-modal’ refers to the practice in science discourse of coordinating different modes to represent complex claims and evidence, where textual, mathematical and visual modes are integrated to explain and justify findings.” (TYTLER *et al.*, 2013a, p. 15)

Com o objetivo de compreender melhor essa distinção, citaremos como exemplo o conteúdo de mudança de estado físico. Para aprender esse tópico de química, um estudante pode envolver-se com experimentos, diagramas, ilustrações, modelos em 3D etc., que são, geralmente, apresentados pelo professor, o que é tratado como Múltiplas Representações. Todas essas representações, canônicas, são respectivas ao mesmo fenômeno. Na abordagem que se utiliza das RM, é esperado que o estudante proponha uma representação com intuito de explicar um conceito ou fenômeno apresentado pelo professor. O termo RM é usado para descrever a abordagem baseada na proposição, na justificação, na negociação e na reelaboração de representações. Durante esse processo, as interações discursivas – que podem ocorrer entre os próprios estudantes ou entre o estudante e o docente –, são essenciais na compreensão da representação que auxilia no entendimento submicroscópico das mudanças de estado físico.

Como cada representação possui limitações, é interessante que o professor oportunize uma sequência didática em que os estudantes terão a possibilidade de se envolver com representações que usam diferentes modos semióticos, de forma que cada uma será destinada a elucidar melhor algum ponto do mesmo tópico, fenômeno ou conceito trabalhado naquele conteúdo. Essa abordagem foi nomeada como “representações multimodais” (QUADROS; PENA; BOTELHO, 2020, p. 23) e “refere-se à integração de mais de um modo semiótico para comunicar conceitos.” (QUADROS; PENA; BOTELHO, 2020, p. 23).

A abordagem baseada nas representações multimodais respeita as concepções prévias dos estudantes e os processos cognitivos, pois, conforme mencionado, ela irá valorizar a produção, a negociação e o esclarecimento das representações que foram construídas por eles (TYTLER *et al.*, 2013a) e que serão constantemente reconstruídas.

Nesse sentido, a prática docente mostra-se fundamental, pois, além de propor desafios para os estudantes,

os professores precisam fornecer um ambiente rico em representações, com oportunidades para que os estudantes negociem, integrem, refinem e traduzam ideias por meio das representações. Eles precisam tornar explícito

aos estudantes o papel da representação na aprendizagem das ciências. (TYTLER; PRAIN, 2010, p. 2074, tradução nossa)¹⁰

Como já mencionado, o termo RM é recente. Em nossa busca, foi possível mapear pesquisas mais antigas que utilizavam essa estratégia de “negociações” de representação, as quais também serão consideradas. Nosso olhar dirigiu-se para os trabalhos presentes na literatura, cujas pesquisas voltaram-se para a análise do estudante como protagonista, ao lidar com representações, no Ensino Fundamental (CURWOOD, 2012; PRAIN; TYTLER; PETERSON, 2009; PRAIN; WALDRIP, 2006; TREAGUST; CHITTLEBOROUGH; MAMIALA, 2003; TYTLER; PRAIN, 2010), no Ensino Médio (PINTO *et al.*, 2014; TANG; DELGADO; MOJE, 2014) e até na graduação (AKAYGUN; ADADAN; KELLY, 2018). Nos estudos australianos, encontramos, aliás, pesquisadoras (LINEBARGER; NORTON-MEIER, 2016) que investigam crianças em idade pré-escolar. Barone e Barone (2017) defendem que as representações deveriam ser trabalhadas desde o Ensino Fundamental, o que pode ser umas das justificativas que explicam essas investigações em diferentes níveis de ensino.

A partir dos artigos selecionados, foi possível observar que as pesquisas envolvendo RM são voltadas para uma investigação tanto do papel quanto dos impactos do uso das representações multimodais na aprendizagem, no desenvolvimento de habilidades da prática científica e no pensamento crítico dos estudantes.

Treagust, Chittleborough e Mamiala (2003) examinaram o conteúdo trabalhado a partir do uso das representações, considerando os níveis propostos por Johnstone (1982) e como as representações auxiliam os estudantes na construção de significados. Esse estudo envolveu estudantes do Ensino Médio e professores que lecionam as disciplinas de química orgânica e físico-química. Esses pesquisadores elaboraram uma sequência didática de química orgânica, tratando das fórmulas estruturais. Nessa sequência, havia atividades em que os estudantes deveriam construir suas próprias representações utilizando o modelo bola-vareta, ou seja, a partir da fórmula estrutural em 2D, foi solicitado que eles construíssem uma representação em 3D. Baseado nos dados produzidos, os pesquisadores reforçam o

¹⁰ “Teachers need to provide a representation-rich environment, with opportunities for students to negotiate, integrate, refine, and translate ideas across representations. They need to make explicit to students the role of representation in learning science.” (TYTLER; PRAIN, 2010, p. 2074)

papel das representações multimodais como “muito importantes para o estudante desenvolver um entendimento pessoal da natureza submicroscópica da matéria”. (TREAGUST; CHITTLEBOROUGH; MAMIALA, 2003, p. 1367, tradução nossa)¹¹

O trabalho de Prain e Waldrup (2006) também analisou a *performance* de professores e estudantes ao lidarem com representações multimodais, porém no Ensino Fundamental. Nesse caso, os objetivos estavam voltados para a implementação de estratégias de uso das representações multimodais e das múltiplas representações, monitorando os resultados em relação à aprendizagem, às atitudes do estudante e à prática docente. Eles concluíram que um dos grandes desafios dessa abordagem é negociar a interpretação que os estudantes fazem da representação, levando-os à sua reelaboração. Segundo esses pesquisadores, muitos estudantes contam com conhecimentos prévios e nem sempre estão familiarizados com os conceitos científicos, o que dificulta esse trabalho. Além disso, os resultados indicaram que, ao participar das atividades que propunham a tradução de um modo semiótico para outro, muitos estudantes aprenderam efetivamente, ao passo que outros estudantes precisaram de “experiências repetidas na construção e interpretação de uma ampla gama de modos, incluindo visitar representações passadas, para promover um desenvolvimento conceitual eficaz” (PRAIN; WALDRUP, 2006, p. 1864, tradução nossa)¹². Isso ressalta a importância de se utilizar constantemente essa abordagem, pois, de forma esporádica, ela pode não ser suficiente para a aprendizagem dos estudantes.

Em relação ao estudo envolvendo estudantes de graduação, Akaygun, Adadan e Kelly (2018) buscaram investigar o entendimento de licenciandos sobre reações químicas de oxidação e redução – conteúdo considerado difícil pelos autores – a partir de representações construídas por eles. Esses pesquisadores selecionaram 25 licenciandos em química que, ao assistirem ao vídeo de um experimento, deveriam representar as etapas da reação com desenhos. Como resultado, apenas um licenciando conseguiu representar a reação proposta no nível considerado

¹¹ “[...] for the learner to develop a personal understanding of the submicroscopic nature of the chemical nature of matter [...]” (TREAGUST; CHITTLEBOROUGH; MAMIALA, 2003, p. 1367)

¹² “[...] repeated experiences in constructing and interpreting a wide range of modes, including revisiting past representations, to promote effective conceptual development.” (PRAIN; WALDRUP, 2006, p. 1864)

adequado, ou seja, ele conseguiu envolver, usando as representações, todas as fases das reações de oxidação e redução, considerando as espécies químicas atuantes, a transferência de elétrons, entre outros aspectos estipulados pelos pesquisadores. Os demais, embora não tenham atingido o mesmo resultado, engajaram-se na atividade, com representações parciais. Os autores concluíram que o fato de os participantes terem se engajado na construção das representações resultou no envolvimento em processos cognitivos e metacognitivos.

Um fato curioso que marcou essa análise foi que nenhum dos artigos selecionados englobou o Ensino de Biologia, e, mesmo que nossa busca não tenha incluído livros, isso ainda pode ser uma possível lacuna na área, visto que a maioria dos artigos está direcionada para o Ensino de Química e de Física.

É interessante salientar também a presença de uma quantidade considerável de trabalhos teóricos envolvendo múltiplas representações e/ou representações multimodais (EVAGOROU; ERDURAN; MÄNTYLÄ, 2015; WALDRIP; PRAIN; CAROLAN, 2010; YORE; HAND, 2010; YORE; TREAGUST, 2006; ZOMPERO; LABURÚ, 2010). Entre esses, destacamos a pesquisa de Evagorou, Erduran e Mäntylä (2015), que foi, dos trabalhos selecionados em nossa busca, um dos que apontaram as representações visuais como um objeto epistêmico que possui um elevado potencial para ajudar os estudantes a compreender aspectos da Natureza da Ciência. Sandoval *et al* (2000) também relacionaram as representações com as práticas epistêmicas, uma vez que investigaram como diferentes representações científicas podem promover um entendimento epistemológico das Ciências por meio do desenvolvimento de práticas epistêmicas.

Mesmo nesse cenário promissor das representações, encontramos trabalhos que apresentam algumas controvérsias quanto ao uso das representações. Tang e Moje (2010) afirmam que existem recursos que auxiliam na aprendizagem de conceitos científicos, mas que eles não podem ser romantizados ou superestimados, especialmente no caso da multimodalidade. Os autores afirmam também que, dependendo de como as representações são utilizadas pelos professores, isso pode intimidar os estudantes – tanto da educação básica quanto do ensino superior –, o que seria prejudicial para o processo de aprendizagem. De fato, a mediação do professor, nesse tipo de abordagem, é crucial, e, nesse sentido, alguns

pesquisadores alertam para o fato de que empregar abordagens que se utilizam de interpretações visuais tende a ser considerada uma tarefa “fácil de implementar e que exige instrução mínima” (BARONE; BARONE, 2017, p. 30, tradução nossa)¹³, o que não confere com a complexidade do trabalho em sala de aula. Concordamos com Pereira e Terrazan (2011) quando afirmam que os professores precisam capacitar-se e desenvolver habilidades para trabalhar com a multimodalidade em sala de aula. Além disso, discordamos de Tang e Moje (2010) quando eles apontam que os recursos multimodais estejam sendo superestimados, pois a maioria das pesquisas publicadas sobre esse assunto, por mais que sejam recentes, aponta para limitações, mesmo mostrando resultados consideráveis no Ensino de Ciências.

Por fim, mesmo reconhecendo as limitações, consideramos importante aprofundar os estudos situados no encontro das águas dos rios (ver Figura 1) apresentados nesse texto e, com isso, contribuir para a estruturação desse novo rio formado a partir dos estudos envolvendo as práticas epistêmicas e as representações multimodais. É necessário entender o percurso desse rio e como os estudos desenvolvidos a partir dele influenciam o Ensino de Ciências, principalmente em se tratando das representações multimodais. E isso abrange explorar a cognição envolvida no processo de transformação de uma representação ou um modo em outro (YORE; TREAGUST, 2006), para examinar como o discurso multimodal da sala de aula pode promover o domínio de conceitos (ZHANG, 2016) ou para investigar o papel das representações visuais como ferramentas de aprendizagem (HÖST; SCHÖNBORN; PALMERIUS, 2012), assim como outros tipos de representações. Como já citado, esses estudos tendem a ser promissores, na ampliação do entendimento relativo à Natureza da Ciência.

Retomando nossa analogia do rio, sintetizada na Figura 1 – que é uma representação construída para mostrar, visualmente, os estudos que levaram ao ponto de confluência¹⁴ –, lembramos que, assim como as águas de diferentes rios costumam não manter uma delimitação quando se juntam, não houve uma separação nítida dos trabalhos envolvendo representação, múltiplas representações e representações multimodais. Foi a tentativa de diálogo entre as correntes teóricas

¹³ “*easy to implement and only required small moments of instruction.*” (BARONE; BARONE, 2017, p. 30)

¹⁴ Ponto de junção entre dois fluxos d'água para formar um novo rio.

usadas nesses trabalhos que originou a formação de um novo fluxo de água, o qual precisa ser mais bem explorado. De acordo com Tytler *et al.* (2013a), é necessário investigar abordagens que se utilizam das representações em contextos diferenciados e mais amplos de ensino. Podemos argumentar, portanto, que o encontro das perspectivas teóricas (Rio 1, Rio 2 e afluente) é inicial e que o entendimento do que pode ser construído a partir disso é um desafio para esta pesquisadora que se debruça sobre esse campo e, portanto, para este trabalho.

CAPÍTULO 2 - O APORTE TEÓRICO PARA A PESQUISA

Neste capítulo, tratamos de alguns aspectos envolvendo a multimodalidade, as práticas epistêmicas e as representações multimodais. Trata-se de estudos que embasam essa investigação e que, por isso, os tornamos objeto de reflexão, de modo a alinhá-los a uma mesma perspectiva durante nossa pesquisa.

2.1 Multimodalidade

É possível observar na literatura inúmeras publicações cujo foco está voltado para o entendimento do papel da linguagem em processos de ensino-aprendizagem. Os estudos de Halliday (1994), mais especificamente a Gramática Sistêmico-Funcional (GSF), conhecida também como “Linguística Sistêmico-Funcional”, ampliaram a ótica sob a qual a sala de aula é estudada em termos de linguagem. A GSF é uma teoria na qual se considera a

língua como uma rede de sistemas interligados que o falante faz uso (base funcional) para produzir significados (base semântica) em situações de comunicação. Nessa perspectiva, a língua deixa de ser um mero sistema regulado por regras e passa a ser estudada de um ponto de vista sócio-semiótico, considerando-a como um sistema de produção de significados. (SANTOS, 2009, p. 166)

Podemos destacar, como marco inicial, o trabalho de Halliday e Hasan (1985), que, a partir da Semiótica social^{15*}, analisaram textos multimodais e propuseram uma abordagem centrada na função social da linguagem, acarretando discussões que possibilitaram o desenvolvimento de novas linhas de pesquisas (SANTOS; PIMENTA, 2006).

Com isso, estudos envolvendo a multimodalidade (JEWITT, 2009; KRESS, 2010a; KRESS; VAN LEEUWEN, 1996; NORRIS, 2004) deram uma nova perspectiva para os estudos da linguagem e ampliaram a ótica das pesquisas envolvendo a comunicação em sala de aula.

A multimodalidade pode ser entendida como um

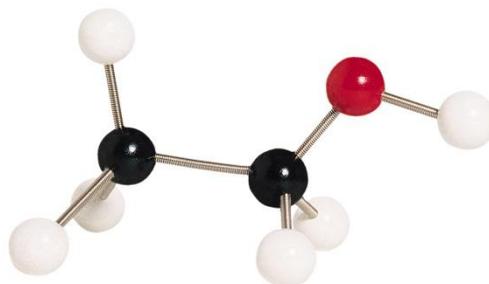
campo de pesquisa que parte do pressuposto de que os significados são produzidos, distribuídos, recebidos, interpretados e refeitos a partir da leitura de vários modos de representação e comunicação e não apenas por meio da linguagem falada ou escrita. (MORTIMER *et al.*, 2015, p. 124)

De acordo com Adami (2016), além de ser um campo de pesquisa, a multimodalidade também pode ser vista como um fenômeno da comunicação humana utilizado em diversas áreas, uma vez que, no processo de interlocução, é necessária a utilização de diversos modos. Esses modos são definidos como “recursos semióticos socialmente enquadrados e culturalmente dados para produzir significado” (KRESS, 2010a, p. 79, tradução nossa)¹⁶. Sendo assim, os modos são canais de comunicação que uma cultura reconhece, podendo ser uma imagem, um gesto, uma representação, uma trilha sonora, entre outros. A dependência sociocultural do modo pode ser explicada pensando no modelo bola-vareta (Figura 2) utilizado na química para representar moléculas.

^{15*} Estudo dos processos e efeitos da produção, recepção e circulação dos significados em todas as suas formas utilizados por diferentes tipos de agentes nas situações de comunicação. (HODGE; KRESS, 1988)

¹⁶ “[...] *socially shaped and culturally given semiotic resource for making meaning.*” (KRESS, 2010a, p. 79).

Figura 2 – Representação de uma molécula a partir do modelo bola-vareta



Fonte: eHow Brasil, 2019

Se esse modelo for apresentado para um químico, provavelmente, ele conseguirá relacioná-lo à estrutura de alguma molécula e poderá até aprofundar a interpretação considerando aspectos da geometria do modelo (que indica se a molécula possui geometria linear, angular, tetraédrica etc.), cor das peças (que se refere a diferentes átomos), ou até mesmo a forma como as peças estão conectadas (inferindo o tipo de ligação entre os átomos). Ao ser apresentado para alguém de outra área, que não tenha conhecimento de química, esse modelo poderá ser visto como um brinquedo, um enfeite ou ter uma interpretação distinta, de acordo com os conhecimentos da pessoa. Para esse último, o modelo bola-vareta não representa um modo semiótico, uma vez que esse modo não está culturalmente compartilhado. Isso significa que o modelo bola-vareta faz parte da cultura da comunidade química, mas não necessariamente faz parte de uma comunidade distinta, que não tenha se aprofundado em estudos de Química.

Pensando no contexto da sala de aula, é possível usar a classificação proposta por Norris (2004) na qual os modos podem ser:

- 1) Auditivos: referem-se aos sons, ao tom de voz, à fala, aos efeitos sonoros, às músicas etc.
- 2) Visuais: relacionados a imagens apresentadas em algum material didático, desenhos feitos pelos estudantes, fotos, *slide* apresentado e, até mesmo, o olhar e as impressões.
- 3) Ação: enquadram-se os gestos, a postura, a expressão facial, a manipulação de objetos e modelos etc.

- 4) Ambiental: relacionados à proxêmica^{17*}, ou seja, à relação (aproximação/distanciamento físico) do professor com os alunos ou com o objeto do conhecimento.

De acordo com Quadros (2010), professores de Ciências ainda têm se utilizado do modelo de transmissão de informações, e já é consensual na área que esse modelo não garante o entendimento do que está sendo transmitido. Considerando que o estudante já tem explicações para as “coisas” do mundo, construídas a partir da cultura do dia a dia, a sala de aula torna-se um espaço/tempo de “convencimento”. A atividade do professor inclui convencer o estudante de que as explicações da Ciência são mais abrangentes e mais estruturadas e que foram legitimadas pela comunidade científica. Para isso, a comunicação precisa ser eficiente. As pesquisas que exploram a multimodalidade na sala de aula ressaltam, portanto, a importância de o professor utilizar e relacionar os multimodos, visando a uma comunicação mais eficiente, de forma que os estudantes consigam significar as informações. Com isso, é esperado que eles sejam capazes de se apropriar daquilo que é comunicado e, também, de explorar mais adequadamente os modos semióticos que auxiliam no entendimento daquilo que é comunicado, tanto na prática escolar, para serem capazes de comunicar o conhecimento científico, quanto em outros contextos sociais (HALLIDAY; MARTIN, 1993; HAND; PRAIN, 1995; LEMKE, 2004). Os multimodos são, portanto, artifícios que podem auxiliar no entendimento do que é comunicado em sala de aula e estão relacionados às práticas epistêmicas e às representações multimodais, tratadas a seguir.

2.2 Práticas Epistêmicas

O conhecimento científico é estruturado em critérios que embasam e legitimam sua natureza, e que devem ser avaliados e aprovados por uma comunidade científica (ARAÚJO, 2008).

Nessa perspectiva, espera-se que a ciência seja compreendida como uma prática situada socialmente, em que os cientistas discursivamente constroem e negociam valores para o que pode ser considerado como boas questões, métodos e respostas adequadas. Tais práticas são, portanto, inerentemente epistêmicas. (ARAÚJO, 2008, p. 33)

^{17*} Estudo das relações de proximidade e distância entre pessoas e objetos durante as interações.

Tendo isso em vista, as Práticas Epistêmicas (PE) podem ser entendidas como um conjunto de atividades cognitivas e discursivas que emergem em situações nas quais membros de um grupo estão engajados em atividades sociais de produção, comunicação ou avaliação do conhecimento (KELLY, 2008; KELLY; DUSCHL, 2002; SANDOVAL; MILLWOOD, 2005). Em outras palavras, elas pertencem a determinadas culturas e compõem o campo da epistemologia, que investiga “como sabemos o que sabemos” (CETINA, 1999).

Pensando no Ensino de Ciências, ao envolver o estudante em práticas epistêmicas ao longo de sua formação, espera-se que ele construa uma visão mais ampla da Ciência e não apenas de seus produtos, ou seja, que ele conheça também os processos envolvidos na construção do conhecimento. Ademais, espera-se oportunizar que os estudantes compreendam a Ciência “como área de pesquisa, como área que produz conhecimento e que constrói, observa e aprimora regras e práticas, em um mecanismo interno de avaliação constante” (SASSERON; DUSCHL, 2016, p. 53). Para isso, é indicado que os estudantes engajem-se em práticas epistêmicas, pois, segundo pesquisadores (KELLY, 2008; SASSERON; DUSCHL, 2016), a apropriação dessas PE é um indício de que a alfabetização científica (AC) está ocorrendo.

Entretanto, de acordo com Munford (2020) – que discorreu sobre as PE em uma mesa redonda, transmitida na plataforma do *YouTube*¹⁸ –, existem dois “fantasmas” que assombram e trazem limitações para o professor trabalhar os pontos levantados anteriormente, sendo eles o ensino tradicional e o método científico. Esses “fantasmas” criam uma noção errônea de como o conhecimento científico é produzido, pois eles inibem a possibilidade de o estudante refletir, em sala de aula, como a Ciência é praticada no mundo real (STROUPE, 2014).

Nesse contexto, houve um crescimento considerável de pesquisas envolvendo as PE, visto que um dos grandes desafios é introduzir os estudantes a uma maneira diferente de pensar Ciências, despertando o interesse e envolvendo-os nas aulas, de modo a aproximar a cultura escolar da cultura científica. Ao argumentar sobre esse envolvimento, Carvalho (2013) afirma que:

¹⁸ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=FRLxlinOkf0&t=3760s>. Acesso em: 20 out. 2021.

É importante deixar claro que não há expectativa de que os alunos vão pensar ou se comportar como cientistas, pois eles não têm idade, nem conhecimentos específicos nem desenvoltura no uso de ferramentas científicas para tal realização. O que se propõe é muito mais simples - queremos criar um ambiente investigativo em salas de aula de Ciências de tal forma que possamos ensinar (conduzir/mediar) os alunos no processo (simplificado) do trabalho científico, para que possamos gradativamente ir ampliando sua cultura científica [...]. (CARVALHO, 2013, p. 9)

Nesse processo de aproximação de diferentes culturas, é importante considerar as interações discursivas que se estabelecem no plano social da sala de aula, pois, a partir delas, é possível compreender melhor aspectos epistêmicos e processos argumentativos, que influenciam diretamente a relação entre as ações dos professores e a construção de significados pelos estudantes (SASSERON; DUSCHL, 2016; VALLE, 2014).

Como já mencionado, as PE podem ser divididas em três categorias, sendo elas produção, comunicação e avaliação do conhecimento (KELLY, 2008). Baseado no trabalho de Jiménez-Aleixandre *et al.* (2008), Araújo (2008) construiu um quadro que articula as práticas epistêmicas com suas respectivas categorias, conforme mostrado a seguir:

Quadro 1 – Práticas epistêmicas classificadas nas categorias sociais “produção”, “comunicação” e “avaliação” do conhecimento

Práticas sociais relacionadas ao conhecimento	Práticas Epistêmicas
Produção	1. Problematizar
	2. Elaborar hipóteses
	3. Planejar investigação
	4. Construir dados
	5. Utilizar conceitos para interpretar dados
	6. Articular conhecimento observacional e conceitual
	7. Lidar com situação anômala ou problemática
	8. Considerar diferentes fontes de dados
	9. Checar entendimento
	10. Concluir
Comunicação	1. Argumentar
	2. Narrar
	3. Descrever
	4. Explicar

	5. Classificar
	6. Exemplificar
	7. Definir
	8. Generalizar
	9. Apresentar ideias (opiniões) próprias
	10. Negociar explicações
	11. Usar linguagem representacional
	12. Usar analogias e metáforas
Avaliação	1. Complementar ideias
	2. Contrapor ideias
	3. Criticar outras declarações
	4. Usar dados para avaliar a teoria
	5. Avaliar consistência dos dados

Fonte: Araújo, 2008, p. 48.

Araújo (2008) discorre que a distinção entre produção e comunicação do conhecimento é necessária, principalmente quando são trabalhadas atividades investigativas, porém, em alguns casos, essa distinção não fica clara, pois, ao comunicar um conhecimento, o estudante pode também estar produzindo-o e/ou avaliando-o. Considerando trabalhos envolvendo as representações, isso fica notório, pois, assim como Lemke (1998), defendemos que a Ciência é comunicada de forma multimodal. Logo, para comunicar uma representação, o estudante pode utilizar-se de práticas epistêmicas que estão alocadas em outras categorias, uma vez que, nesse processo, é possível contrapor e complementar ideias, criticar e ter sua representação criticada, sendo necessário checar os entendimentos e reelaborá-los. Em vista disso, optamos por não considerar separadamente cada uma dessas categorias de práticas epistêmicas.

Em nossa investigação, as representações serão centrais, o que pode ser “encaixado” na PE “usar linguagem representacional”. Essa PE pode ser definida como a utilização desse tipo de linguagem pelos estudantes para representar ideias próprias ou transpor suas observações, como, por exemplo, a simbologia química, as fórmulas matemáticas, os desenhos etc. (ARAÚJO, 2008; SILVA, 2011). No entanto, consideramos que, ao trabalhar com representações multimodais, essa definição pode tornar-se limitada, já que, para o estudante comunicar um conhecimento construído, é necessário que ele reflita sobre as escolhas que fez,

justifique-as e participe de um amplo processo de negociação dessa representação. Com isso, várias outras PEs podem ser usadas por eles. Portanto, é possível que, neste trabalho, a linguagem representacional assuma um papel mais amplo do que tem sido usado nas investigações de PEs dos estudantes, sendo necessário propor uma nova definição que relacione as representações como uma ferramenta epistêmica.

Um dos grandes desafios a ser enfrentado por professores está em desenvolver estratégias que engajem os estudantes em práticas epistêmicas. De acordo com Stroupe (2014), é necessário que eles assumam um novo papel na sala de aula que permita uma participação legítima na Ciência escolar, e, para isso, os estudantes precisam desenvolver a **agência epistêmica**. Esse termo, recente na literatura, é designado para descrever sujeitos (indivíduos ou grupos) que influenciam o conhecimento e a prática de uma comunidade; nesse caso, a sala de aula (MILLER *et al.*, 2018; STROUPE, 2014). É importante destacar que a agência epistêmica não é algo estacionário, de modo que o indivíduo possui ou não possui. Ela é dinâmica e pode ser influenciada por diversos aspectos, sendo um deles a negociação entre os sujeitos, consequência da construção compartilhada do conhecimento (KO; KRIST, 2019).

Entretanto, Stroupe afirma que:

Redefinir o papel dos alunos como agentes epistêmicos é desafiador porque a maior parte do ensino de ciências, que chamo de “conservador”, posiciona o professor como a única autoridade instrucional, de conhecimento e prática - o único agente epistêmico em uma sala de aula. (STROUPE, 2014, p. 488, tradução nossa)¹⁹

Nessa conjuntura, o papel do professor, em sala de aula, também precisa ser repensado, pois é esperado que ele oportunize um ambiente em que os estudantes envolvam-se com a Ciência de forma mais autêntica, por meio de atividades que valorizem o pensamento, o protagonismo, e também que ele monitore a aprendizagem dos estudantes (DUSCHL, 2008; STROUPE, 2014). Pensando nisso, as sequências didáticas construídas podem ter uma influência direta no

¹⁹ “*Redefining the role of students as epistemic agents is challenging because most science instruction, which I refer to as “conservative,” positions the teacher as the sole instructional, knowledge, and practice authority—the only epistemic agent in a classroom.*” (STROUPE, 2014, p. 488)

desenvolvimento da agência epistêmica, desde que sejam estruturadas de modo a promover a participação ativa dos estudantes na investigação. No entanto, pesquisadores argumentam que introduzir novos materiais didáticos em sala de aula não é uma condição suficiente para propiciar a agência epistêmica, sendo necessário mudanças na atuação dos professores (KO; KRIST, 2019; MILLER *et al.*, 2018).

Tendo isso em vista, concordamos com Sasseron e Duschl quando eles defendem que trabalhos abrangendo PE, no Ensino de Ciências, devem ter como preocupação

o envolvimento que os estudantes têm não apenas com os conceitos e ideias em debate, mas, sobretudo, com o debate que ocorre. Assim, torna-se essencial entender como os estudantes interagem com os modos de propor, comunicar, avaliar e legitimar conhecimento. (SASSERON; DUSCHL, 2016, p. 57)

Valle (2014) defende ser necessário um olhar mais aguçado sobre as interações discursivas que se estabelecem no plano da sala de aula, pois, conforme já mencionado, a partir delas, será possível compreender aspectos epistêmicos envolvidos na aprendizagem de Ciências. Contudo, mesmo tendo ciência da importância dessas interações, encontramos um fator limitante nesta pesquisa que será explicado melhor no capítulo seguinte: o ensino remoto. Não foram encontrados trabalhos que investigaram as PE em aulas remotas, portanto realizar essa investigação neste novo contexto, em que tivemos que ressignificar o que compreendíamos como sala de aula, será um desafio. Apesar disso, mantivemos boas expectativas e esperamos que nosso trabalho possa contribuir para o desenvolvimento de estratégias para o ensino remoto ou a distância.

2.3 Representações multimodais

As representações são utilizadas, principalmente, com a finalidade de compreender e de comunicar um conhecimento (GOODING, 2010). Elas se tornaram objeto de estudo considerando o contexto de sala de aula, o que inclui o Ensino de Ciências. São exemplos de representações as expressões matemáticas, os gráficos quantitativos, as tabelas de informações, os diagramas abstratos, os mapas, os desenhos, as fotografias, entre outras ferramentas (LEMKE, 1998). Elas podem ser conhecidas como “representações visuais”, “representações externas”, ou

“inscrições”²⁰. Neste trabalho, baseamo-nos nos estudos de Tytler *et al.* (2013a) e optamos por utilizar o termo “representação” durante nossa pesquisa, englobando todas as ferramentas citadas anteriormente.

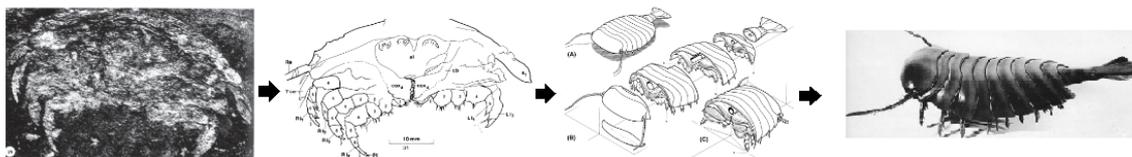
Independentemente da nomenclatura adotada, na maioria de textos científicos ou, até mesmo, em materiais didáticos, estão presentes as representações canônicas, que são modelos que podemos considerar como produtos de pesquisa e de análises, criados pela Ciência para facilitar a compreensão acerca de um determinado assunto (Exemplo: estrutura do DNA, modelos atômicos, imagem de um dinossauro etc.). Em relação às aulas de Ciências,

Frequentemente, em sala de aula, os alunos recebem o modelo científico canônico final que os cientistas desenvolveram ao longo dos anos, e pouco tempo é gasto mostrando a eles as evidências do modelo ou permitindo que construam modelos. (KRAJCIK; MERRITT, 2012, p. 7, tradução nossa)²¹

As representações canônicas são apresentadas para os estudantes sem que eles tenham acesso a como essa representação foi produzida, ou seja, o estudante não reflete sobre a construção daquela representação e, muitas vezes, não tem ciência do trabalho desenvolvido para chegar até aquele produto, e menos ainda a uma possível “provisoriidade” daquele resultado a que o estudante tem acesso.

Gooding (2010) exemplifica esse processo de construção de uma representação canônica com o modelo de um artrópode, mostrado a seguir:

Figura 3 – Representação canônica para o artrópode *Sidneyia inexpectans*



Fonte: adaptada de GOODING, 2010.

²⁰ De acordo com Lunsford *et al.* (2007), existem estudos com foco na antropologia da Ciência que utilizam o termo “inscrição”, englobando recursos não textuais que são utilizados na prática científica, enquanto o termo “representação” pode ser utilizado para indicar, além dos recursos textuais, ideias na mente do sujeito. Entretanto, não são todos os trabalhos que fazem essa diferenciação.

²¹ “Often in class, students are given the final, canonical scientific model that scientists have developed over years, and little time is spent showing them the evidence for the model or allowing them to construct models.” (KRAJCIK; MERRITT, 2012, p. 7)

Nesse exemplo trazido por Gooding (2010), o que se tinha como informação concreta era uma foto de um fóssil. A partir dessa foto, foram feitos desenhos do que seriam as partes desse animal e, em seguida, montadas estruturas a partir desse desenho, chegando ao modelo do artrópode *Sidneyia inexpectans*, que nunca foi realmente visto.

De acordo com esse pesquisador, as representações são híbridas, ou seja, elas carregam consigo diferentes modos visuais, simbólicos, verbais ou numéricos. Portanto, conforme ilustrado na Figura 3, até os cientistas chegarem à representação “final” do artrópode, foi necessário considerar dados de impressões fósseis, diagramas e mapas de contorno²². Mesmo o trabalho de Gooding (2010) sendo voltado para a prática científica, é possível expandirmos isso para o Ensino de Ciências, que, conforme já mencionado, tem enfatizado as diversas representações canônicas. A questão levantada é que, uma vez que apresentamos apenas essas representações canônicas para os estudantes, desconsideramos todo esse processo de produção de conhecimento e aspectos importantes do trabalho dos cientistas, o que, muitas vezes, reforça a concepção de que a Ciência traz consigo um conjunto de conhecimentos “verdadeiros” e “acabados”. Em função disso, há um afastamento entre a cultura escolar e a cultura científica, o que abre margem para reforçar concepções errôneas envolvendo a Ciência (PENA, 2021). Pensando nisso, ressaltamos a importância de envolver os estudantes em práticas semelhantes às práticas científicas, por meio das Representações Multimodais, cuja abordagem é baseada na proposição, na justificação, na negociação e na reelaboração de representações, de modo a contemplar aspectos da Natureza da Ciência.

Entretanto, essa não é uma tarefa simples. Não acreditamos ser possível – nem viável – trabalhar dessa forma com todas as representações que aparecem ao longo de uma disciplina, mas defendemos que é importante o estudante ter uma ideia mais ampla de como a Ciência é construída. Isso porque, provavelmente, será necessária a capacitação dos professores para que eles consigam conduzir e mediar abordagens que trabalhem com múltiplos modos e que utilizem as representações

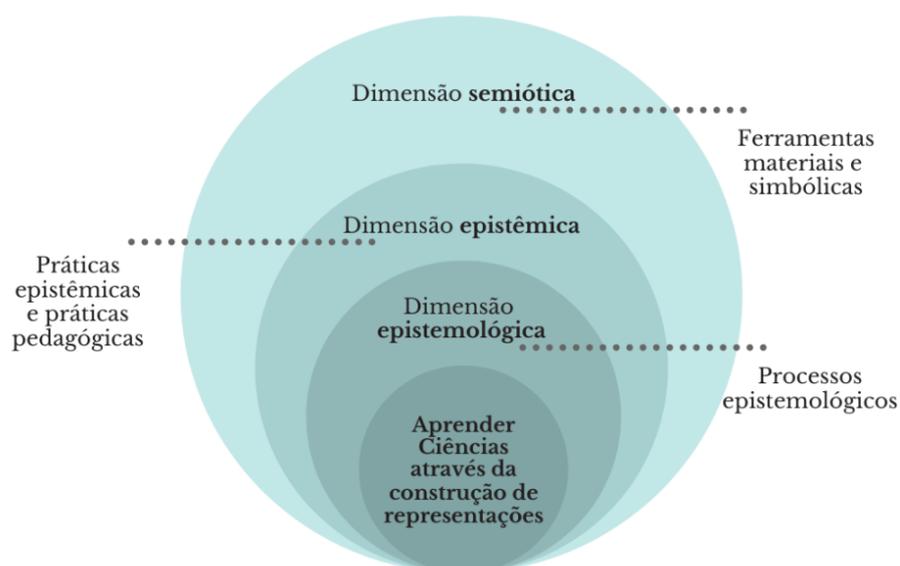
²² Mapa de contorno é muito utilizado na cartografia, principalmente quando um desenho em 3D não é viável. É um meio de se representarem funções com uma entrada bidimensional e uma saída unidimensional, em que os pontos com elevações constantes são ligados para formar curvas de contorno ou curvas de nível. Temos como exemplo a terceira representação da Figura 3.

como objeto epistêmico, visando à alfabetização científica (EVAGOROU; ERDURAN; MÄNTYLÄ, 2015; PEREIRA; TERRAZAN, 2011).

Conforme explicado no capítulo anterior, com o crescimento dos estudos envolvendo as representações, tivemos a ascensão do termo **múltiplas representações** com um foco mais centrado na prática docente. Todavia, mudar apenas a prática dos professores ainda não seria uma solução para melhorar o Ensino, visto que o estudante pode assumir um papel de receptor de informação, não sendo o protagonista na construção do conhecimento. Foi pensando nisso que Tytler *et al.* (2013a) propuseram o termo **representações multimodais**, passando a valorizar mais o protagonismo dos estudantes.

A abordagem, que se utiliza de representações multimodais, visa à reflexão do estudante durante o processo de proposição, negociação e reelaboração das representações, buscando aproximá-las daquelas propostas pela Ciência. Para explicar melhor como a construção de representações apoia a aprendizagem conceitual, Prain e Tytler (2013) elaboraram um diagrama envolvendo três dimensões: semiótica, epistêmica e epistemológica. Esse diagrama, com adaptações nossas, está apresentado na figura a seguir:

Figura 4 – As três dimensões que contribuem para a aprendizagem científica durante a construção de uma representação



Fonte: adaptada de PRAIN; TYTLER, 2013.

Em resumo, a dimensão semiótica engloba as outras dimensões e envolve o uso de ferramentas culturais para a construção de significados. Essas ferramentas podem ser materiais, ou seja, instrumentos e artefatos, ou podem ser simbólicas, tais como ferramentas gestuais, visuais, matemáticas, linguísticas etc. Os autores defendem que a construção de uma representação por um estudante depende do propósito, do contexto e dos recursos físicos disponíveis. Se um estudante quiser explicar um fenômeno a partir de um desenho, ele enfrentará limitações e terá de se preocupar com o espaço físico disponível (uma folha de papel, por exemplo). Se essa mesma explicação for por meio da fala, ele encontrará outras limitações e poderá recorrer a ferramentas simbólicas para auxiliá-lo, como, por exemplo, os gestos.

Já na dimensão epistêmica encontramos as práticas epistêmicas, as quais são relacionadas à produção, à comunicação e à avaliação do conhecimento científico. Temos também as práticas pedagógicas, presentes na sala de aula e orientadas pelo professor. Elas possibilitam um ambiente de construção e negociação das representações, de modo que os estudantes elaborem, justifiquem e comuniquem o conhecimento. Ambas as práticas estão relacionadas, pois, para trabalhar com práticas epistêmicas, é necessário envolver o estudante não apenas nos conceitos em debate, mas no debate em si, sendo essencial que o professor articule as aulas de modo a promover essa interação (SASSERON; DUSCHL, 2016).

Nossa pesquisa possui um enfoque nessa dimensão, pois, ao trabalhar com a abordagem derivada dos estudos em torno das representações multimodais, estamos estimulando nos estudantes a agência epistêmica, que emerge em situações que existem “negociações mais dinâmicas, de forma que cada vez mais os estudantes se envolvam na orientação da construção do conhecimento.” (KO; KRIST, 2019, p. 3, tradução nossa)²³. Além disso, essa abordagem permite que os estudantes aprendam conceitos científicos por meio de desafios, ao ser chamados a propor representações e explicar, argumentar e justificar as representações propostas. De acordo com Prain e Tytler, “é necessário que a aprendizagem nas aulas de ciências se concentre nos processos pelos quais o conhecimento comunitário é construído, bem como nos meios pelos quais esse conhecimento é

²³ “[...] more dynamic negotiations, such that students are increasingly involved in guiding the construction of knowledge [...]” (KO; KRIST, 2019, p. 3)

defendido e estabelecido.” (PRAIN; TYTLER, 2013, p. 74, tradução nossa)²⁴. Logo, além de respeitar as concepções prévias dos estudantes e os processos cognitivos, criando vantagens em termos de aprendizagem (TYTLER *et al.*, 2013a), as representações multimodais estão relacionadas à dimensão epistêmica, tendo um papel fundamental na compreensão de aspectos de Natureza da Ciência e no desenvolvimento de competências e habilidades que contribuem para a alfabetização científica (GILLIES; BAFFOUR, 2017; TYTLER *et al.*, 2013a; ZOMPERO; LABURÚ, 2010).

Por fim, temos a dimensão epistemológica, que, de acordo com Prain e Tytler (2013), envolve um conjunto de processos cognitivos durante a construção de representações. Esses processos podem ocorrer a nível individual ou em grupo e estão relacionados ao conhecer mais amplamente a Ciência ou a conhecer a natureza da ciência. Esses pesquisadores defendem a necessidade de os estudantes aprenderem a desenvolver ou selecionar as representações mais apropriadas para um contexto específico, pois,

quando os alunos se concentram nos propósitos, adequação, reivindicações e aplicações das representações a contextos particulares, eles estão se engajando em aspectos cruciais da aprendizagem ou do conhecimento em ciências, onde o trabalho representacional funciona como uma ferramenta para conhecer e fazer reivindicações. (PRAIN; TYTLER, 2013, p. 76, tradução nossa)²⁵

Segundo Prain e Tytler (2013), as representações multimodais são englobadas por essas 3 dimensões, visto que elas envolvem o estudante na construção de representações e em um amplo processo de negociação/reelaboração, visando aprender Ciências. Por meio desse diagrama e de outros trabalhos presentes na literatura, podemos argumentar que é importante que as RM sejam trabalhadas em aulas de Ciências, com o intuito de promover uma aprendizagem científica mais autêntica (DUSCHL; GRANDY, 2008; KOREN; KLAVIR; GORODETSKY, 2005; PRAIN; TYTLER; PETERSON, 2009). Portanto, é indicado desenvolver consciência em professores, principalmente da educação básica, para trabalharem além das

²⁴ *There is need for learning in science classrooms to focus on the processes by which communal knowledge is built, as well as the means by which this knowledge is defended and established.* (PRAIN; TYTLER, 2013a, p. 74)

²⁵ *“when students focus on the purposes, adequacy, claims, and applications of representations to particular contexts, they are engaging in crucial aspects of learning or coming to know in science, where representational work functions as a tool for knowing and making claims.”* (PRAIN; TYTLER, 2013, p. 76)

múltiplas representações, pois “nem sempre os alunos entendem o papel da representação que é assumida pelo professor.” (TREAGUST; CHITTLEBOROUGH; MAMIALA, 2003, p. 1367, tradução nossa)²⁶

Segundo Araújo (2008), é esperado que a aprendizagem científica envolva práticas discursivas em que ocorram a construção e a negociação de valores. Acreditamos que a abordagem baseada na proposição, na justificação, na negociação e na reelaboração de representações possa possibilitar também o desenvolvimento de valores. Não obstante, estudos observaram que os estudantes, em sua grande maioria, possuem dificuldade para construir representações de forma a comunicar seus entendimentos sobre um conceito ou fenômeno (BATISTONI E SILVA, 2015). Além disso, de acordo com Sandoval e Millwood “os estudantes não veem seu trabalho nas aulas de ciências como necessariamente relacionado ao que os cientistas fazem” (SANDOVAL; MILLWOOD, 2007, p. 85, tradução nossa)²⁷. Dessa forma, compreender melhor o papel das representações multimodais no ensino e seu potencial como ferramenta epistêmica, ou seja, como uma estratégia para promover uma aproximação autêntica entre a cultura escolar e a cultura científica é uma necessidade.

²⁶ “[...] *students do not always understand the role of the representation that is assumed by the teacher.*” (TREAGUST; CHITTLEBOROUGH; MAMIALA, 2003, p. 1367)

²⁷ “[...] *students do not see their work in their science classes as necessarily related to what scientists do.*” (SANDOVAL; MILLWOOD, 2007, p. 85)

CAPÍTULO 3 - PERCURSO METODOLÓGICO

Neste capítulo, descrevemos como a pesquisa foi realizada, de modo a apresentar o embasamento teórico e os detalhes que justificam as escolhas de cada aspecto metodológico.

3.1 Abordagem metodológica

De acordo com Bogdan e Biklen (1994), uma pesquisa que possui um viés subjetivo, ou seja, que se preocupa em investigar fenômenos e processos que estão relacionados a pessoas e contextos em que elas se encontram, pode ser enquadrada como uma abordagem qualitativa. As pesquisas qualitativas são caracterizadas por serem descritivas, de modo que os dados coletados

são em forma de palavras ou imagens, e não de números. Os resultados escritos da investigação contêm citações feitas com base nos dados para ilustrar e substanciar a apresentação. Os dados incluem transcrições de entrevistas, notas de campo, fotografias, vídeos, documentos pessoais, memorandos e outros registros oficiais. (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 48)

Pensando em uma investigação predominantemente descritiva-analítica e em nosso interesse, voltado para os processos de construção e utilização das representações pelos estudantes, a abordagem qualitativa mostra-se mais adequada para esta pesquisa.

Além disso, durante a investigação, usamos gravações de aulas – as quais foram transcritas –, fotografias e as atividades realizadas pelos estudantes, o que, de acordo com Bogdan e Bilken (1994), se enquadram em pesquisas de caráter descritivo, uma vez que os dados foram analisados visando à compreensão do fenômeno em questão e às experiências dos estudantes durante a sequência de aulas.

3.2 Ambiente da pesquisa

A pesquisa foi conduzida em uma escola pública, localizada dentro de uma Universidade Federal. Essa instituição foi fundada em 1954 e passou por diversas adaptações, visando atender à legislação vigente, às diretrizes da universidade e ao seu próprio projeto político pedagógico. Como consequência disso, temos,

atualmente, uma escola responsável pelo Ensino Fundamental, organizada em ciclos de formação humana.

Por ser uma instituição que preza pela investigação e pela produção do conhecimento no ensino, há uma grande aceitação, tanto dos professores quanto dos estudantes, em trabalhar com abordagens diferenciadas das normalmente utilizadas no ensino tradicional. Com isso, os estudantes não demonstram, geralmente, estranhamento com a presença de câmeras durante as aulas.

A pesquisa foi planejada, inicialmente, para ocorrer no espaço físico da escola, em uma sala de laboratório, pertencente a uma das disciplinas do “Grupos de Estudos Diferenciados” (GTDs). Essas disciplinas são equivalentes a uma disciplina optativa na graduação, ou seja, além das disciplinas obrigatórias, os estudantes deveriam cumprir uma determinada carga horária nas disciplinas de GTDs, tendo a autonomia de escolher aquelas com as quais se identificam mais e que poderiam cursar com maior satisfação. Contudo, com o Ensino Remoto Emergencial (ERE), em função da pandemia de coronavírus, conduzimos a pesquisa no ambiente virtual adotado pela escola: o *Moodle*.

O *Moodle* é uma plataforma gratuita que auxilia no gerenciamento e no compartilhamento de materiais. Ela conta com recursos diversificados, como a criação de fóruns de discussão, *chat* com os estudantes, realização de avaliações, possibilidade de criar e personalizar seu ambiente virtual de acordo com suas demandas (PONTES, 2017).

Foi criado, nessa plataforma, um tópico dentro da aba da disciplina de Ciências (Figura 5) com o nome da pesquisadora, indicando aos estudantes que, nessa aba, seriam desenvolvidas as atividades referentes à “Química dos Cosméticos”, e que os avisos e as postagens das aulas assíncronas seriam feitos nesse espaço.

Figura 5 - Ambiente virtual de aprendizagem escolhido pela escola

The screenshot shows the Moodle interface for a 7th grade course. At the top, there's a navigation bar with the user's name 'Ana Livia Baptistella Araujo' and a notification bell. Below that, the course title '7º Ano' is displayed with social media icons for Facebook, Twitter, and Instagram. A main navigation bar includes 'Início', 'Eventos', 'Meus Cursos', and 'Este curso'. The breadcrumb trail reads 'Meus cursos > 7º Ano > Aulas da Prof. Ana Livia'. The main content area features a grid of subject buttons: 'Informações Gerais', 'Ciências', 'Educação Física', 'Arte', 'Espanhol', 'Geografia', 'História', 'Inglês', 'Matemática', 'Português', 'Tutoriais', 'Roda de Conversa', and 'Projetos'. Below this is a calendar view for the year 2020, with 'Aulas da Prof. Ana Livia' selected for November. The main content area displays 'Aula 10 em 26 de novembro de 2020' and a Google Meet link: <https://meet.google.com/ikk-zmna-usu>. The right sidebar contains two sections: 'Meus cursos' with links to 'Sala de Treinamento Moodle', 'Bib Biblioteca', '7ANO 7º Ano', and '8ANO 8º Ano'; and 'Atividades' with links to 'BigBlueButtonBN', 'Chats', and 'Escolhas'.

Fonte: site do Moodle, 2020.

Para as aulas síncronas, a plataforma possui um *software* de videoconferência denominado *BigBlueButton*. Porém, nas aulas de acolhimento – anteriores às aulas de Química dos Cosméticos –, o programa apresentou muita instabilidade. Em função disso, o professor e os estudantes entraram no consenso de fazer essas aulas pelo *Google Meet*, que também é uma plataforma destinada à comunicação por vídeo e, portanto, adequada para a realização de videoaulas ou videoconferências.

Ademais, o professor-regente autorizou a criação de um grupo no *WhatsApp*, com a finalidade de enviar lembretes das aulas, para os estudantes interagirem entre si e com a professora, bem como para possíveis dúvidas. Buscando uma melhor organização e com objetivo de manter o foco nas atividades, o grupo ficava fechado durante a semana, de maneira que somente o professor e a pesquisadora poderiam enviar mensagens. Nos respectivos dias das aulas, em que a postagem do material era feita no *Moodle*, o grupo era aberto, e, nesses dias, os estudantes poderiam enviar mensagem. A estratégia de criar um grupo no *WhatsApp* possibilitou estabelecer conversas mais instantâneas, pois, mesmo havendo um *chat* no *Moodle*, não havia notificação quando alguém enviava alguma mensagem, acarretando uma demora na resposta. No grupo criado, tivemos um total de 33 participantes, o que equivale a 66% dos estudantes.

3.3 Delimitação do campo de pesquisa

A escola com a qual desenvolvemos parceria para esta pesquisa conta com uma grande diversidade de estudantes, pois seu processo seletivo para o ingresso é realizado por meio de sorteio, de forma a evitar o favorecimento de quaisquer grupos sociais.

O novo contexto – pandemia – levou os professores e a direção da escola a uma grande preocupação com a possível evasão de estudantes. Essa preocupação foi, também, nossa, já que isso poderia influenciar a menor participação na disciplina e, por consequência, a produção insuficiente de dados para a pesquisa que iniciamos.

Em função do contexto pandêmico, que será mais bem explorado no próximo tópico, o replanejamento da sequência didática também incluiu mudanças em relação aos sujeitos da pesquisa. O GTD, considerado inicialmente como espaço para a produção de dados, receberia estudantes voluntários do 9º ano do Ensino Fundamental. Em função da pandemia, ficou definido que as aulas ocorreriam em uma turma de 7º ano, que possui 50 estudantes – 21 meninos e 29 meninas –, com idade entre 11 e 13 anos.

Em uma conversa inicial com o professor-regente, essa turma foi caracterizada como sendo animada. De acordo com ele, os estudantes estavam participando das aulas remotas, que estavam ocorrendo há 3 meses, e realizando as atividades propostas. Ele explicou também que essa era uma turma com a qual ele já estava familiarizado, pois grande parte dos discentes estudou nessa mesma escola no ano anterior. Sendo assim, ele conhecia a maioria deles.

Questionamos o professor sobre o nível social dos estudantes e como estava sendo para eles acompanharem as aulas *online*. Sobre o primeiro ponto, foi esclarecido que eles são de classes sociais distintas, consequência do processo seletivo adotado pela instituição. Em relação ao ERE, a escola estava oferecendo todo o suporte necessário para os estudantes, visando incluir todos nesse novo contexto de ensino. Um auxílio disponível, por exemplo, foi o empréstimo de *notebooks* para o acompanhamento das aulas. No entanto, não nos foi disponibilizado acesso aos dados da quantidade de estudantes do 7º ano que solicitou esse empréstimo.

Durante a intervenção, questionamos os estudantes com relação à assiduidade da turma nas aulas e se haveria algum problema com os aparelhos eletrônicos. Alguns deles pronunciaram-se e disseram que utilizavam o computador dos pais para acessar as aulas e que só conseguiam fazer as atividades quando tinham supervisão para isso.

3.4 Contexto da pesquisa

3.4.1 Um planejamento que saiu dos planos

A princípio, a produção de dados para esta pesquisa estava programada para iniciar em abril de 2020. Foi planejada uma sequência didática para ser desenvolvida de forma presencial, em uma turma de 9º ano do Ensino Fundamental.

Nós construímos essa sequência didática para uma disciplina de GTD, que ficou intitulada como “Química dos cosméticos”. Os GTDs contam com turmas reduzidas, de no máximo 15 estudantes, e acontecem ao longo de 15 semanas, com uma aula semanal de 1h30 de duração. Nosso planejamento contava com 12 aulas, totalizando 18h, a ser ministradas pela pesquisadora, com o acompanhamento da professora-regente da disciplina de Ciências da escola, e teria como principal objetivo proporcionar um ambiente favorável para os estudantes construir, comunicarem, negociarem e reelaborarem representações.

Na cidade de Belo Horizonte, onde está situada a escola, o então prefeito Alexandre Kalil assinou um decreto no dia 18 de março que obrigou o fechamento das escolas por tempo indeterminado. Em vista disso, esse planejamento, infelizmente, não pôde ser executado. Com a possibilidade de aulas *online* em 2020, tivemos de reformular nossa proposta, de modo que os dados da pesquisa pudessem ser produzidos de forma remota, mesmo não sabendo quando as aulas seriam retomadas. Isso impactou toda a pesquisa.

3.4.2 Planejar/Replanejar: adaptações necessárias para o Ensino Remoto Emergencial

Após um período de aproximadamente 5 meses, a escola deliberou pela retomada das atividades, por meio do Ensino Remoto Emergencial. Assim, iniciamos uma

nova rodada de negociações com a escola e um novo planejamento de aulas. Ficou acordado que a sequência didática seria desenvolvida em uma turma de outro professor, que não aquele com quem já havíamos trocado inúmeras ideias. Fomos informados de que a sequência de aulas e a consequente produção de dados poderiam ser realizadas nas turmas de 7° ou de 8° ano, de forma totalmente remota, sendo a maioria delas assíncronas. Como a turma de 8° ano havia participado de outra pesquisa recentemente, nós, em conjunto com o professor-regente, optamos por realizar a pesquisa na turma do 7° ano.

Além do adiamento da nossa intervenção e em função da troca de professor e disciplina, nossa grande preocupação foi que, ao envolver o 7° ano, poderíamos ter estudantes mais imaturos, e o trabalho com representações poderia ser prejudicado. Porém, o professor alertou-nos de que os estudantes dessa turma estavam mais envolvidos com o ERE quando comparados aos estudantes do 8° ano. Sendo assim, concordamos em realizar a intervenção nessas condições, embora tenhamos mantido nossa apreensão em relação ao conteúdo.

Como a proposta inicial era para turmas do 9° ano, a mudança para o 7° ano poderia ter consequências no grau de dificuldade da disciplina para os estudantes, visto que os conteúdos trabalhados em cada série são distintos. Além disso, teríamos uma redução de aulas – 7 assíncronas e 3 síncronas – as quais teriam 1 hora de duração. Portanto, de uma carga horária de 18h, passamos a ter disponível um total de 10h. Com isso, novamente precisamos retomar nosso planejamento da sequência de aulas.

3.5 Sequência didática

Almejando o cumprimento dos objetivos da pesquisa, foi reformulada a sequência didática, abordando a temática “Cosméticos”, para adaptá-la a estudantes do 7° ano do Ensino Fundamental. Acreditamos na pertinência desse tema para trabalhar conceitos da Ciência, pois são produtos que fazem parte do cotidiano das pessoas. De acordo com Öz e Memiş (2018), é importante que, nas atividades que se utilizam de representações, os estudantes estabeleçam uma conexão entre a linguagem científica e o cotidiano, pois isso promove a construção do conhecimento científico

escolar. Para tanto, acreditamos que esse tema tem potencial para despertar a curiosidade dos estudantes e possibilitar um maior envolvimento durante as aulas.

Na abordagem que se utiliza das representações multimodais, “o estudante é envolvido na proposição, justificção/negociação e reelaboração de representações, assumindo um papel de protagonista na aula” (QUADROS; PENA; BOTELHO, 2020, p. 24). Uma das estratégias dessa abordagem é desafiar os estudantes durante o contato com as representações, a partir da construção de uma sequência didática prática que promova a participação ativa deles nas aulas e que desenvolva conceitos-chaves para o aprendizado de Ciências (TYTLER *et al.*, 2013a). Assim, com base na temática escolhida, trabalhamos com alguns conteúdos da química, sendo eles: estados físicos da matéria, solubilidade, volatilidade e fórmulas estruturais. Essa sequência foi pensada como uma introdução ao modelo cinético-molecular, de modo que as atividades que envolvem as representações permeiem esse conteúdo.

De acordo com Vaughan e Hand (2016), a aprendizagem de qualidade, considerando a alfabetização por meio de múltiplos modos semióticos, é possibilitada quando estão envolvidas condições macro e micro de aprendizagem. No primeiro caso (macro), as ações estão voltadas para os estudantes, de forma que é necessário motivá-los a participar das atividades e fazê-los entender a função das diferentes representações científicas. Também é necessário oportunizar um ambiente em que eles construam e justifiquem suas próprias representações, questionem isso com os colegas e, a partir dessa discussão, possam reelaborá-las caso julguem necessário, sempre com a mediação do professor. Dessa forma, almejamos que os estudantes sejam capazes de integrar os diferentes modos semióticos para interpretar e construir argumentos consistentes durante a sequência de aulas. Já nas condições micro, esses pesquisadores explicam que as ações estão voltadas para o professor, que precisa construir uma sequência de aulas bem elaborada, de forma que consiga propor atividades eficazes e desafiadoras, motivando os estudantes nesse processo. Para mais, a escolha das representações em cada caso, visando estabelecer relações com as atividades propostas e o conteúdo que se deseja trabalhar em sala de aula, é fundamental.

A nova sequência didática foi construída e ministrada pela professora-pesquisadora, com supervisão do professor-regente da turma. Em função do ERE, encontramos algumas limitações para promover essas condições de aprendizagem, principalmente no que se refere à participação e ao protagonismo dos estudantes. Sendo assim, fizemos uma busca por tecnologias educacionais, escolhidas estrategicamente para auxiliar nesse processo.

3.5.1 Tecnologias Educacionais

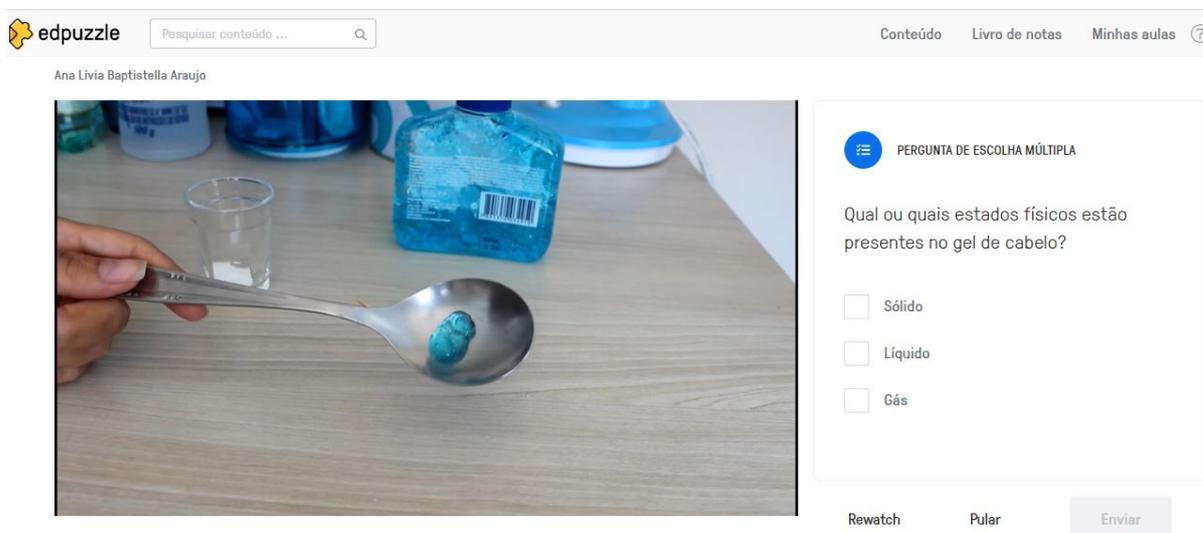
Existem controvérsias com relação à definição de “Tecnologias Educacionais” (TEs), entretanto alinhamo-nos a Newby *et al.* (1996), que definem essas tecnologias como um meio no qual se unem professor, estudante e experiência pedagógica. Nesse sentido, mesmo que uma ferramenta (plataforma, aplicativo, *site*, *software* etc.) não tenha sido criada para fins educativos, o modo como ela é utilizada na abordagem pedagógica poderá defini-la como uma tecnologia educacional.

Incluímos, na nossa sequência de aulas, tecnologias educacionais específicas, que foram selecionadas de forma estratégica, visando promover um ambiente mais atrativo e interativo para os estudantes. Pensando nisso, iremos discorrer sobre cada uma a seguir.

a) *Edpuzzle*

O *Edpuzzle* é um *site* gratuito que viabiliza a construção de videoaulas interativas. Essa ferramenta permite que se faça *upload* de aulas gravadas – podendo ser vídeos autorais ou baixados da internet –, e insira questões no decorrer do vídeo, de modo que o estudante deverá respondê-las para prosseguir assistindo (ver Figura 6).

Figura 6 – Videoaula construída no site Edpuzzle



Fonte: imagem de uma aula quando aparece uma pergunta, e o vídeo trava, 2020.

Nessa plataforma, ao disponibilizar uma videoaula, é possível adicionar questões abertas, fechadas e notas. Portanto, o professor pode escrever comentários e destacar partes do vídeo aos quais estão assistindo. No decorrer da aula, quando os estudantes enviarem as respostas, o professor já consegue visualizá-las. Em relação às questões abertas, existe a possibilidade de o professor marcar se a resposta está correta ou errada e comentar, possibilitando um *feedback* para o estudante.

Ainda sobre esse *website*, é disponibilizado também o aplicativo do *Edpuzzle*, permitindo que o estudante assista às aulas pelo celular ou por *tablets*. Acreditamos que isso torna a ferramenta mais acessível, pois não são todos os estudantes que possuem computador ou *notebook*, e, em função da idade, muitos só os utilizam com a supervisão dos pais e/ou responsáveis. Sendo assim, essa ferramenta amplia a forma de acesso às aulas, o que pode proporcionar uma maior adesão dos estudantes.

b) Moodle

O *Moodle*, conforme já mencionado, foi o ambiente virtual de aprendizagem adotado pela escola. Ele foi utilizado, principalmente, para disponibilizar os *links* e os materiais de todas as aulas. Organizamos a página da disciplina que continha a

sequência didática, de forma que cada postagem era respectiva a uma aula. Sendo assim, no tópico da “Química dos Cosméticos”, havia dez postagens.

Essa plataforma de gerenciamento das aulas permite a criação de fóruns, em que os estudantes podem responder a perguntas ou enviar mensagens. À vista disso, em cada aula postada, abrimos também um fórum para os estudantes compartilharem suas dúvidas e contribuições sobre a aula.

c) *Google Meet*

Criado com finalidade de atender a demandas de empresas, o *Google Meet* é uma plataforma de videoconferências, muito utilizada para reuniões. Essa plataforma sofreu alterações durante o período de pandemia, provocada pelo coronavírus, pois muitas pessoas passaram a exercer suas atividades em casa, o que foi chamado de *home office*. As escolas, ao iniciarem um regime de aulas remotas, também buscaram uma plataforma adequada para as aulas síncronas. Nesse contexto, o *Google Meet* investiu em melhorias, visando proporcionar um ambiente favorável para os professores realizarem suas aulas.

A grande vantagem dessa ferramenta é que ela é gratuita e muito intuitiva, facilitando sua utilização. É possível compartilhar a tela e realizar apresentações de *slides* ou de outros materiais que estejam no computador do apresentador. Também é possível compartilhar páginas de *sites*. Ela também conta com um *chat* em que o estudante pode interagir com a turma durante a aula e fazer perguntas para o professor. Para convidar os estudantes, basta enviar um *link* que, ao acessá-lo, já é possível o ingresso à aula *online*.

d) *Google Formulários*

Conhecido também como *Google Forms*, esse recurso foi criado pela *Google* com a finalidade de elaboração de formulários. A partir dele, é possível construir atividades e avaliações, podendo atribuir notas para os estudantes. Essa ferramenta é gratuita e tem como vantagem a realização automática de análises das respostas dos estudantes. Na medida em que eles vão preenchendo o formulário, é possível acompanhar algumas análises que essa ferramenta proporciona, podendo plotar os dados em uma tabela do *Google Planilhas*.

Ele permite a criação de questões abertas, fechadas e, também, o anexo de arquivos nas respostas, sendo esse último muito utilizado na nossa pesquisa, pois foi uma maneira de os estudantes enviarem as fotos das representações construídas por eles.

e) Canva

O *Canva* é um programa gratuito de criação de *designs*. Ele foi utilizado para a construção de *slides* e de materiais – textos para as aulas –, com a finalidade de deixá-los mais atrativos, visualmente, para os estudantes. Desse modo, esse programa não foi utilizado pelos estudantes diretamente, mas apenas pela pesquisadora para o preparo de algumas aulas da sequência didática.

f) Molecular Constructor e Phet

Utilizamos o *Molecular Constructor* e o *Phet* para a mesma finalidade: construção de moléculas. Nesse caso, escolhemos duas ferramentas gratuitas, sendo que o *Phet* é um *site*, e o *Molecular Constructor* é um aplicativo de celular. Essas duas possibilidades foram apresentadas aos discentes, e eles poderiam optar por utilizar aquela que lhes parecesse mais viável.

Ambas as ferramentas permitem que os estudantes construam moléculas orgânicas e inorgânicas, podendo visualizar a estrutura molecular em 2D e 3D.

g) WhatsApp

O *WhatsApp* pode ser considerado uma tecnologia educacional, uma vez que esse aplicativo foi utilizado com finalidades educativas (NEWBY *et al.*, 1996). Montamos um grupo com os participantes da disciplina, e este funcionou como um meio de comunicação instantâneo com a turma. Além de enviar as atividades e suas respectivas datas de entrega, o grupo funcionou como um meio de interação entre os estudantes.

As tecnologias educacionais listadas foram utilizadas conforme mostrado no Quadro 2 a seguir:

Quadro 2 – Tecnologias educacionais utilizadas nas aulas da sequência didática

Aula / Tecnologias educacionais	<i>Canva</i>	<i>Edpuzzle</i>	<i>Google Formulários</i>	<i>Google Meet</i>	<i>Molecular Constructor / Phet</i>	<i>Moodle</i>	<i>WhatsApp</i>
Aula 1	x		x	x		x	
Aula 2		x	x			x	x
Aula 3	x		x			x	x
Aula 4		x				x	x
Aula 5						x	x
Aula 6	x		x	x		x	x
Aula 7		x				x	x
Aula 8	x		x			x	x
Aula 9			x		x	x	x
Aula 10	x		x	x		x	x

Fonte: elaborado pelas autoras, 2020.

3.5.2 Estruturação da sequência didática

Para atingir os objetivos da pesquisa, estruturamos a sequência didática seguindo uma abordagem baseada na construção, na negociação, no refinamento e na reelaboração de representações, denominada por Tytler *et al.* (2013a) como Representações Multimodais. Com isso, procuramos organizar a sequência de forma a oferecer aos estudantes a oportunidade de: i) construir representações para um fenômeno; ii) justificar as escolhas; iii) negociar com os pares e com a professora; e iii) fazer o refinamento dessas representações.

Construímos todos os materiais (videoaulas, textos, formulários etc.) utilizados nas aulas, que foram elaboradas de forma a conduzir os estudantes para atividades específicas, em que eles iriam construir as representações e refletir em torno da coerência representacional, o que os auxiliaria a produzir significados para alguns conceitos científicos abordados nas aulas, considerando as limitações impostas pelo ERE. A sequência de aulas foi planejada conforme mostrado no Quadro 3 a seguir:

Quadro 3 – Resumo dos planos de aula da sequência didática

Aula	Formato	Conteúdo trabalhado	Objetivo	Atividades
1	síncrona	Introdução ao tema “cosméticos”	I- Explicar a sequência didática e iniciar a discussão envolvendo cosméticos. II- Identificar como os estudantes lidam com representações mais comuns.	Preenchimento dos termos de assentimento e consentimento da pesquisa.
2	assíncrona	Estados físicos da matéria	Estudar os estados físicos da matéria (sólido, líquido e gasoso).	Responder às perguntas que aparecem na videoaula e construir representações das partículas de água nos estados sólido, líquido e gasoso.
3	assíncrona	Estados físicos da matéria	Discutir a diferença entre gás e vapor.	Responder formulário com questões respectivas ao texto disponibilizado nessa aula.
4	assíncrona	Modelo cinético-molecular	Realizar experimento com <i>spray</i> desodorante.	Identificar quais estados físicos estão presentes nos três sistemas (S1, S2 e S3) propostos.
5	assíncrona	Retomada dos conteúdos	I- <i>Feedback</i> da entrega das atividades para os estudantes. II- Orientação individual.	Entrega das atividades pendentes. Tirar dúvidas no WPP sobre atividades e ferramentas utilizadas nas aulas.

6	síncrona	Modelo cinético-molecular	<p>I- Retomar as dúvidas sobre o conteúdo trabalhado nas aulas anteriores e a retomada do experimento da aula 4.</p> <p>II- Proporcionar um ambiente de construção e negociação de representações com os estudantes.</p>	<p>Construir representações das partículas do <i>spray</i> desodorante nos três sistemas (S1, S2 e S3), conforme apresentado na aula 4.</p> <p>A partir do envio dos desenhos durante a aula, promover a etapa de negociação, discutindo algumas dessas representações.</p>
7	assíncrona	Solubilidade e Volatilidade	Realizar experimento com esmalte e introduzir os conceitos de “solubilidade” e “volatilidade”.	Responder às perguntas inseridas na videoaula.
8	assíncrona	Solubilidade e Volatilidade	Trabalhar com os conceitos de “solubilidade” e “volatilidade” a partir do texto "Por que sentimos os cheiros?".	Representar o deslocamento das moléculas que propiciam a uma pessoa sentir o cheiro de uma flor.
9	assíncrona	Representação molecular	Construir representações de moléculas em 3D a partir de representações em 2D.	Utilizar o <i>Molecular Constructor</i> ou o <i>Phet</i> para construir uma molécula de água e uma molécula de acetona.
10	síncrona	Revisão dos conteúdos	<p>Retomar os conceitos em que os estudantes apresentaram mais dificuldades e dar um <i>feedback</i> das atividades realizadas.</p> <p>Proporcionar uma discussão sobre a concepção dos estudantes em relação às representações.</p>	Formulário de avaliação da disciplina e da relevância do conteúdo trabalhado.

Para deixar mais claro o que cada uma dessas aulas explorou, faremos, a seguir, uma breve apresentação de cada uma delas.

A aula 1, síncrona, foi o primeiro contato da pesquisadora com os sujeitos da pesquisa. Essa aula, em específico, contou com a presença do professor-regente e de 11 colaboradores, entre eles monitores e estagiários, que foram designados pela escola para auxiliar os professores no ensino remoto.

Explicamos, nessa etapa da sequência didática, a pesquisa que estava sendo realizada e ressaltamos que a participação seria voluntária. Entretanto, deixamos claro que as aulas integram a disciplina de Ciências, sendo contabilizadas como carga horária e avaliadas pelo professor-regente. Por se tratar de estudantes que são menores de idade, disponibilizamos dois formulários *online*, com o detalhamento da pesquisa e a opção de concordar ou não com a participação. Isso posto, foi disponibilizado um Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) – para os estudantes preencherem – e um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) – para os pais e/ou responsáveis. Após isso, foi introduzido o tema da sequência didática, perguntando aos estudantes o que são cosméticos, a fim de identificar o entendimento deles sobre o assunto e, também, as concepções prévias dos . Nossa vivência mostra que os cosméticos são associados, geralmente, ao público feminino, principalmente para os cuidados com a pele e para o embelezamento. Todavia, existem produtos que englobam funções diferentes, como, por exemplo, a proteção, a prevenção e a higiene pessoal. Sendo assim, esses produtos são destinados tanto ao público masculino quanto ao feminino, de uso universal e, portanto, desvinculado de construções de gênero (INFANTE; CALIXTO; CAMPOS, 2016). Dessa forma, além de discutir alguns aspectos dos cosméticos (o que são, classificações, finalidades etc.), a primeira aula também teve como objetivo desconstruir a ideia de que eles são destinados apenas ao público feminino. Para proporcionar esse debate, usamos duas representações: uma charge e um gráfico. Elas foram escolhidas também por considerarmos interessante investigar como os estudantes lidam com representações mais comuns.

A segunda aula – cuja intenção era de explorar os estados físicos da matéria – foi organizada com atividades postadas na plataforma *Edpuzzle*. Foi produzido um vídeo, e foram inseridas 3 perguntas ao longo desse vídeo, de modo a investigar os

conhecimentos prévios dos estudantes em relação aos estados físicos da matéria. Na primeira pergunta, eles deveriam identificar materiais e/ou substâncias que estivessem nos estados físicos sólido, líquido e gasoso. Já na segunda pergunta, utilizamos as nuvens como exemplo, sendo necessário identificar quais estados físicos podem ser encontrados para a água que forma essas nuvens. Por fim, a terceira pergunta foi relativa a um experimento utilizando gel de cabelo. Os estudantes deveriam assinalar qual ou quais estados físicos estavam presentes no gel de cabelo. Para essa discussão, foi disponibilizado um experimento em que se adicionou sal de cozinha ao gel de cabelo. Como esse cosmético possui água em sua composição, a adição do NaCl promoveu a dissociação dos íons Na^+ e Cl^- . Isso acarretou uma mudança visual na estrutura do material, que adquiriu um aspecto de líquido. Sendo assim, foi trabalhado, nessa aula, que, mesmo não sendo aparente visualmente, um material pode conter mais de um estado físico em sua composição. Como a discussão desse experimento foi feita por meio de uma videoaula, ou seja, em que a fala estava centrada na professora, não iremos nos aprofundar nesses dados durante a discussão dos resultados, pois julgamos que os dados das duas primeiras perguntas são mais interessantes para esta pesquisa.

Após assistirem ao vídeo no *Edpuzzle*, propusemos a primeira atividade envolvendo as representações, em que os estudantes deveriam desenhar as partículas da água nos estados sólido, líquido e gasoso. A atividade foi construída no *Google Formulários* (Apêndice B), sendo necessário que cada um tirasse fotos dos desenhos construídos e anexasse as imagens no formulário. A discussão dessas representações foi retomada na aula 6, síncrona.

Na aula 3, o foco partiu da discussão sobre a diferença entre gás e vapor, pois nossa experiência mostra que há concepções alternativas envolvendo esses dois conceitos (PENA; QUADROS, 2020). Construímos um texto cujo título foi “O vapor ajuda na limpeza de pele?” (Apêndice C) e um formulário com questões relacionadas a ele (Apêndice D). O texto foi disponibilizado no *Moodle* e no grupo de *WhatsApp* com um arquivo em PDF, juntamente com um áudio da leitura para auxiliar os estudantes que possuem dificuldade. O formulário continha 3 perguntas, sendo elas:

- I- Identifique a presença de vapor no seu dia a dia e escreva exemplos.
- II- Qual o estado físico do vapor?

III- Qual a diferença entre gás e vapor?

A aula 4 representou a continuidade das aulas 2 e 3. Como os estudantes já haviam representado as partículas em cada estado físico – sólido, líquido e gasoso –, propomos uma atividade em que eles, posteriormente, deveriam representar as partículas em um fenômeno físico, ou seja, em um processo que não envolveria a formação de novas substâncias, apenas a mudança de estado físico. Nesse caso, para enquadrar-se na temática da sequência didática, utilizamos o *spray* desodorante como exemplo.

Como essa aula ocorreu de forma assíncrona, gravamos um experimento que consistiu em apertar o êmbolo do *spray* desodorante até ser observado um jato do produto. Esse experimento foi disponibilizado no *Edpuzzle*, sendo inseridas três perguntas ao longo do vídeo, de modo que os estudantes deveriam identificar qual(is) estados físicos estava(m) presente(s) em cada sistema do experimento, que foram definidos conforme mostrado na figura a seguir:

Figura 7 – Esquema utilizado para explicar os três sistemas para os estudantes construírem as representações



Fonte: elaborado pela autora, 2020.

O sistema 1 (S1) é referente à parte interna do desodorante. O sistema 2 (S2) é referente ao jato ocasionado pela liberação do produto quando o êmbolo é pressionado. Já o sistema 3 (S3) é referente à parte em que o produto já não é mais visível, porém é possível sentir o cheiro dele mesmo assim. Essa aula foi destinada

apenas para a discussão dos estados físicos presentes em cada sistema, pois já havíamos realizado um projeto-piloto com estudantes da graduação, em uma disciplina de licenciatura em química, e observamos que a discussão inicial é uma etapa muito importante, uma vez que eles encontraram dificuldades para estabelecer os estados físicos presentes em cada sistema (ARAUJO; KADOOCA; QUADROS, 2020). Logo, as representações não fizeram parte dessa aula.

A aula 5 foi destinada à conferência das atividades propostas até o momento. Para tal, a pesquisadora enviou mensagem para todos os estudantes, individualmente, para dar um *feedback* do que havia sido entregue das atividades e, portanto, do que estava faltando. Pensamos nisso como uma estratégia para auxiliar no envolvimento dos estudantes com atividades, pois, como o ensino remoto foi uma realidade nova para esses estudantes, esse suporte individual poderia fornecer uma orientação melhor para cada um. Esse momento também foi destinado para dúvidas, sejam elas relacionadas ao conteúdo ou à utilização das tecnologias educacionais selecionadas. Não acreditamos que os dados dessa aula sejam relevantes para nossa pesquisa, portanto isso não será discutido no capítulo dos resultados. Não obstante, é interessante ressaltar, neste momento do texto, que essa foi uma estratégia que auxiliou no envolvimento dos estudantes, visto que, quando chegamos a essa aula, apenas 9 discentes haviam feito todas as atividades propostas. Com a orientação da pesquisadora, 25 estudantes, que estavam com as atividades incompletas, enviaram o que estava pendente.

A aula 6 ocorreu de forma síncrona, via *Google Meet*, e, após 22 minutos iniciais, destinados para agenda e organização da turma e recados do professor-regente, ela foi dividida em 2 etapas, destinadas ao conteúdo, conforme mostrado no quadro a seguir:

Quadro 4 – Etapas realizadas na aula 6 e suas respectivas durações

Etapa	Descrição	Tempo de aula	Duração
Retomada das aulas	Revisão dos estados físicos (aula 2)	22:35	10:39
	Retomada do experimento do <i>spray</i> (aula 4)	33:14:00	04:16
Representações	Construção das representações	37:30:00	13:01

multimodais	Comunicação/negociação das representações	50:31:00	20:43 ²⁸
-------------	---	----------	---------------------

Fonte: elaborado pelas autoras, 2020.

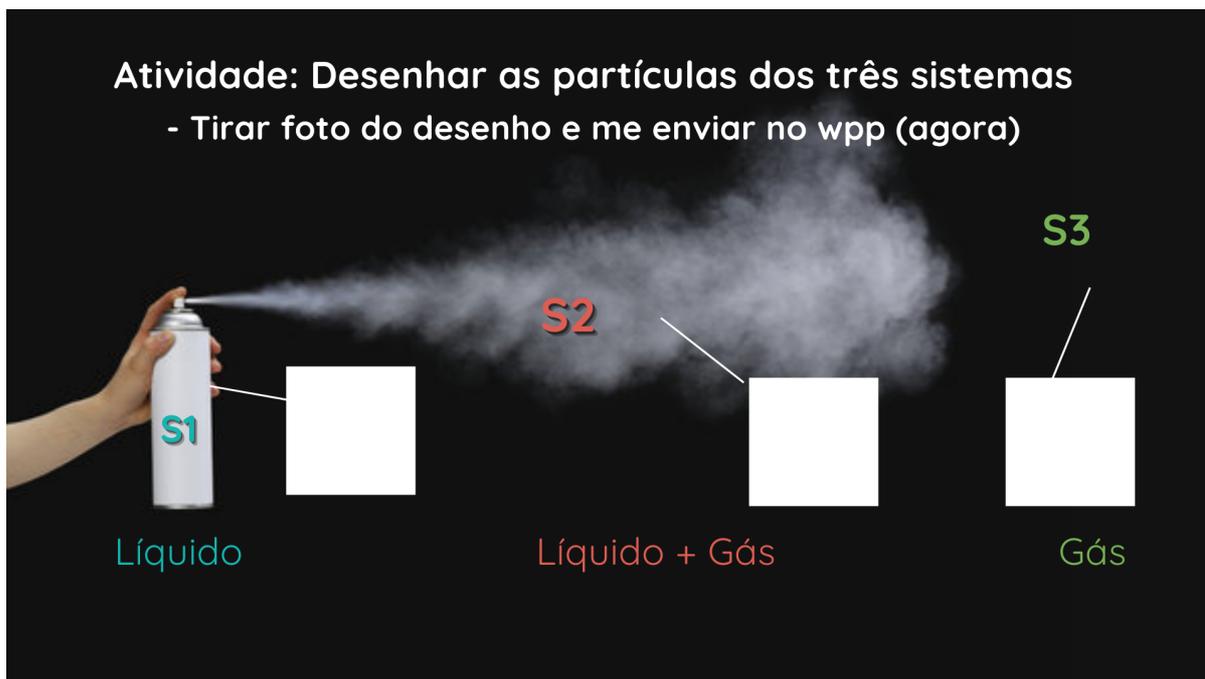
A pesquisadora retomou, rapidamente, alguns pontos das aulas anteriores que seriam necessários para a atividade de representação a ser realizada em seguida. Foram retomadas as primeiras representações construídas pelos estudantes na aula 2, em relação aos estados físicos da matéria. A partir delas, foi discutido: i) o que são partículas; ii) os tipos de representações (macroscópica, simbólica e submicroscópica²⁹); iii) a quantidade de partículas; iv) o tamanho das partículas; e v) a distância das partículas. Para isso, foram utilizadas as representações construídas pelos estudantes. Logo após, retomamos também o experimento do *spray* desodorante, questionando os estudantes, novamente, sobre qual(is) estado(s) físico(s) estava(m) presente(s) em cada sistema proposto (ver Figura 7).

Após a retomada desses pontos, a aula foi conduzida para a atividade de representação, com os estudantes sendo orientados a representar as partículas a partir de um ponto de cada sistema (ver Figura 8) e considerando os estados físicos já discutidos e, portanto, consensuais:

²⁸ As aulas possuíam duração de 1 hora, entretanto essa aula teve duração de 1 hora e 11 minutos, pois ocorreu um atraso na entrada dos estudantes na videochamada.

²⁹ Para essa discussão, baseamo-nos nos trabalhos de Johnstone (1982, 2000). Apresentamos os níveis de pensamento de forma simplificada, exemplificando cada um.

Figura 8 – Atividade de construção de representações proposta na aula 6



Fonte: elaborado pelas autoras, 2020.

Durante essa aula, os estudantes desenharam as partículas em cada sistema do desodorante, tiraram fotos da atividade e enviaram-nas via *WhatsApp* para a pesquisadora, que selecionou algumas imagens para projetar na tela do computador, de modo que o restante da turma pudesse ver. De acordo com Tytler e *et al.*, a abordagem que se utiliza de representações multimodais foca na “construção e negociação pública de modelos, que podem ser informais e não necessariamente consistentes com relatos canônicos de livros didáticos” (TYTLER *et al.*, 2013a, p. 133, tradução nossa)³⁰. Nesse contexto, o objetivo não é construir representações refinadas, mas sim proporcionar um ambiente para que os estudantes comuniquem suas ideias e reflitam sobre o que foi elaborado. Portanto, como essa abordagem envolve uma etapa de negociação, compartilhamos as imagens visando proporcionar um ambiente em que todos os estudantes pudessem avaliar e, com isso, iniciar um processo de negociação dessas representações construídas por eles e pelos colegas. Após essa discussão, foi sugerido que os estudantes fizessem adaptações no próprio desenho, considerando o que haviam aprendido, e enviassem-nos, novamente, com as devidas mudanças. De acordo com

³⁰ “[...] Construction and public negotiation of models that are informal and not necessarily consistent with canonical textbook accounts.” (TYTLER *et al.*, 2013a, p. 133)

Valle (2014), estimular o estudante a realizar uma etapa de reelaboração permite que ele observe o que construiu de outra perspectiva, sendo possível identificar aspectos que, a princípio, foram desconsiderados.

Assim como a aula 4 foi uma iniciação para os estudantes construírem representações, a aula 7 também foi construída com esse propósito. Nas aulas seguintes, eles teriam de lidar com atividades cujos conceitos discutidos/trabalhados nelas seriam de extrema importância.

Na aula 7, inserimos os conceitos de solubilidade e de volatilidade, utilizando como cosmético o esmalte, visto que ele é uma mistura homogênea, solúvel em acetona e que contém substâncias voláteis. Nessa aula, cujo título foi “Por que a acetona remove o esmalte, e a água não remove?”, gravamos e inserimos um vídeo na plataforma *Edpuzzle*, propondo 13 perguntas – 3 abertas e 10 fechadas – com intuito de orientar os estudantes na discussão. Para introduzir o conteúdo, no início do vídeo, foram trabalhadas questões históricas do esmalte, uma vez que, em séculos passados, sua utilização não era influenciada por questões de gênero, como é observado atualmente, sendo envolvidas relações de poder, ou seja, o esmalte não era utilizado apenas com finalidades estéticas (SILVA; BIERHALZ, 2017; SOUSA, 2017). Além disso, foi apresentado para os estudantes como geralmente é a composição do esmalte, que contém solventes, resinas, pigmentos etc.

Após essa parte introdutória, a professora realizou um experimento no qual passou esmalte em uma unha, deixou secar e tentou removê-lo com água e, posteriormente, com acetona. Durante essa prática, foram surgindo questões no vídeo que solicitavam aos estudantes a identificação do estado físico do esmalte no recipiente e após ser passado na unha. Em seguida, trabalhamos com a fórmula estrutural plana de algumas substâncias, sendo elas o etano, a água, a propanona (acetona) e a nitrocelulose, composto presente em maior quantidade na fórmula do esmalte. Nesse momento, outras perguntas surgiram no vídeo, entre elas, temos perguntas que solicitavam aos estudantes identificar os átomos presentes nessas estruturas químicas, o número de ligações que o átomo de carbono realiza nas estruturas apresentadas, as semelhanças e as diferenças nas fórmulas estruturais etc. Nosso objetivo com essa aula era que o estudante percebesse que as estruturas da nitrocelulose e da propanona são semelhantes em termos de átomos presentes, o

que influencia na solubilidade. Não trabalhamos questões como interações intermoleculares, pois julgamos que seria um conteúdo muito avançado para o 7º ano do EF, e o tempo que tínhamos disponível não permitia uma ampla discussão dessas interações. No final dessa videoaula, após a professora trabalhar com ambos os conceitos, retomamos a pergunta inicial, proposta no título, sendo esperado que os estudantes respondessem utilizando os conceitos aprendidos.

A aula 8 – assíncrona – foi construída baseada no trabalho de Pinto *et al.* (2014), uma vez que eles propuseram uma atividade em que os estudantes deveriam representar as partículas presentes em um frasco de perfume, ou seja, uma representação no nível submicroscópico. Sendo assim, sugerimos nossa terceira atividade de construção de representações, que se manteve alinhada com o tema da sequência didática, pois usamos os perfumes como elemento para contextualização. Foi elaborado um texto (ver Apêndice E) para os estudantes cujo título foi “Por que sentimos cheiros?”. Ele foi baseado no livro de Retondo e Faria (2014), contendo uma breve explicação sobre moléculas odoríferas e as condições necessárias para uma pessoa conseguir sentir o odor de alguma substância, processo que envolve a solubilidade em água e a volatilidade. Nesse contexto, o material abordou esses conceitos, que também foram trabalhados na aula anterior, procurando fornecer condições para que os estudantes realizassem o exercício que seria proposto. Juntamente com o texto, foi enviado para eles um *Google Formulários* (ver Apêndice F) com 3 questões relacionadas a ele. A primeira questão possuía um cunho mais subjetivo, pois solicitava que o estudante identificasse um cheiro marcante para ele e justificasse sua escolha. Já na segunda questão, ele deveria citar quais as duas condições (solubilidade em água e volatilidade) que, de acordo com Retondo e Faria (2014), as moléculas precisariam satisfazer para ser caracterizadas como “odoríferas” e explicar a importância dessas condições. Por fim, a última questão foi uma atividade de construção de representações. Nela, pedimos que o estudante imaginasse que estava passando próximo a um canteiro com flores perfumadas. Nessa circunstância, ele teria de representar como sentimos o cheiro destas flores, considerando que as moléculas odoríferas são partículas, ou seja, ele teria de representar o deslocamento dessas moléculas, uma vez que é possível sentir o cheiro de uma flor, mesmo ela estando a certa distância.

A atividade da aula 9 também envolveu a construção de representações pelos estudantes, mas, diferentemente das outras aulas, essa atividade consistiu na construção de moléculas 3D, a partir da representação em 2D. Essa atividade foi inspirada no trabalho de Prain e Waldrip (2006) e de Treagust, Chittleborough, Mamiala (2003), que também usaram multimodos para explorar um conteúdo específico, sendo eles circuitos elétricos na física e química orgânica, respectivamente. De acordo com Prain e Waldrip (2006), é necessário que os estudantes interpretem modos representacionais diferentes, pois isso estimula um desenvolvimento do conhecimento conceitual e faz com que os discentes trabalhem com pensamentos conflitantes em função da interpretação desses modos. Além disso, usar uma ampla gama de representações faz com que o estudante desenvolva uma compreensão da natureza submicroscópica da química, o que auxilia na compreensão do conteúdo, visto que é uma matéria de natureza abstrata (TREAGUST; CHITTLEBOROUGH; MAMIALA, 2003). Pensando nisso, elaboramos uma atividade no *Google Formulários* (ver Apêndice G) que, com base na fórmula estrutural de linha das moléculas de água e de propanona – que foram trabalhadas na aula 7 –, foi solicitado que os estudantes construíssem essas duas moléculas em 3D. Para tal, eles poderiam optar por utilizar o *Phet (site)*, usando uma simulação nomeada como “monte uma molécula”, ou o *Molecular Constructor* (aplicativo). Se estivéssemos no contexto do ensino presencial, provavelmente seria usado o modelo bola-vareta durante a aula, entretanto tivemos de adaptar essa atividade escolhendo essas tecnologias educacionais, com o intuito de cumprir com os objetivos da nossa investigação. A professora disponibilizou um vídeo contendo o tutorial desses dois recursos orientou os estudantes em sua utilização. As imagens das moléculas construídas por eles foram anexadas no *Google Formulários* ou enviadas via *WhatsApp* para a pesquisadora.

A última aula da sequência didática ocorreu de forma síncrona, via *Google Meet*. Acreditamos que realizar o fechamento da disciplina com esse formato de aula seria mais interessante, pensando, principalmente, na retomada nas dúvidas das aulas passadas e na realização de uma avaliação da disciplina.

Portanto, após 13 minutos de organização da turma, esperando os estudantes entrarem no *Google Meet*, essa aula foi dividida em duas etapas, conforme mostra o quadro a seguir:

Quadro 5 – Etapas realizadas na aula 10 e suas respectivas durações

Etapa	Descrição	Tempo de aula (min)	Duração (min)
Etapa 1	Retomada da aula 8	13:05	17:01
	Retomada da aula 9	30:06:00	06:02
Etapa 2	Discussão sobre a importância das representações	36:08:00	10:57
	Avaliação da disciplina	47:05:00	11:15
	Final da intervenção	58:20:00	-

Fonte: elaborado pelas autoras, 2020.

A primeira etapa teve como foco a retomada das atividades elaboradas nas aulas 8 e 9, de modo que a pesquisadora selecionou alguns dos erros mais comuns e trabalhou isso com os estudantes. Sendo assim, foram selecionadas algumas representações construídas nessas duas aulas, visando à discussão dos conceitos científicos trabalhados.

A etapa 2 foi planejada com o intuito do fechamento da disciplina. Nesse sentido, a fim de compreender a concepção dos estudantes sobre as representações, foram levantadas duas questões durante a aula: i) Por que existem diferentes formas de representar? e ii) Por que é importante usar representações?. No entanto, esses dados não foram utilizados na pesquisa, pois poucos estudantes contribuíram nessa discussão. Ademais, durante a análise, tivemos de realizar muitas inferências sobre as afirmações deles durante essa discussão, sendo assim julgamos que seria mais pertinente desconsiderar esses dados.

Após o debate proposto, foi enviado para os estudantes o *link* de um *Google Formulários* (ver Apêndice H) contendo a avaliação da disciplina. Ele contou com um total de 15 perguntas e foi dividido em três blocos, sendo eles: sobre a disciplina em si, sobre o estudante – autoavaliação – e sobre a professora. Foi avaliado também o grau de dificuldade das aulas e o uso das tecnologias educacionais, pois, em vista do contexto atípico do ERE, julgamos que compreender melhor essas informações seria interessante e poderia impactar diretamente a análise dos dados. Portanto, o final da aula foi destinado para o preenchimento desse formulário, de modo que os

estudantes que não conseguissem preenchê-lo durante a aula síncrona poderiam fazê-lo até o dia seguinte.

3.6 Coleta de dados

3.6.1 Processo de construção dos dados

O projeto da pesquisa foi encaminhado para o Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) em 28 de novembro de 2019, sendo aprovado, com parecer nº de registro 28848819.8.0000.5149. Entregamos aos estudantes, aos pais e/ou responsáveis e ao professor de Ciências os devidos termos de assentimento livre e esclarecido e o termo de consentimento. Considerando que nem todos os estudantes entregaram os dois termos assinados, utilizamos apenas os dados dos que concordaram em participar e que tiveram a autorização dos pais e/ou responsáveis. É válido ressaltar que a identidade desses discentes foi preservada, de modo que, em vez do nome, utilizamos uma codificação de que vai de E1 até E50, sendo atribuído um código para cada estudante. Portanto, não foram usados os dados de E1, E2, E10, E11, E12, E17, E19, E30, E33, E34, E35, E37, E39, E42, E44, E45, E47 e E49 visando garantir o atendimento ao COEP.

Ao planejarmos a sequência de aulas, consideramos os estudos de Sandoval e Millwood (2007), que levantaram uma reflexão sobre como é possível estudar epistemologia na sala de aula. De acordo com os pesquisadores, perguntar diretamente aos estudantes – seja por meio de questões fechadas, abertas ou entrevistas – o que eles entendem sobre a construção do conhecimento científico é problemático. Isso ocorre porque há limitações e desvantagens em relação à visão desses estudantes sobre o trabalho dos reais cientistas, já que existem concepções inadequadas sobre eles que são consideradas obstáculos na educação científica (PENA, 2021; SANDOVAL; MILLWOOD, 2007). Logo, esses aspectos de Natureza da Ciência precisam ser considerados pelos professores. Como alternativa, é interessante investigar os artefatos³¹ que os estudantes constroem durante o processo de aprendizagem em Ciências, tal qual o discurso praticado no

³¹ “As representações são artefatos que simbolizam uma ideia ou conceito [...] e podem assumir a forma de analogias, explicações verbais, textos escritos, diagramas, gráficos e simulações” (TANG; MOJE, 2010, p. 306, tradução nossa).

desenvolvimento desses artefatos (SANDOVAL, 2005). Portanto, construímos nossa metodologia de pesquisa seguindo essas orientações e baseamo-nos, também, no referencial de representações multimodais, que valoriza o protagonismo dos estudantes na construção de representações e na negociação delas, de modo que eles avaliam seus próprios artefatos e os artefatos dos colegas.

A construção de dados foi um desafio nesse contexto do ensino remoto, principalmente em função da grande quantidade de aulas assíncronas. Nessas aulas, cuja interação não foi em tempo real, registramos todas as respostas das atividades propostas. Já nas aulas síncronas, que aconteciam em tempo real, realizamos a gravação das aulas, e, conforme a observação da pesquisadora, os trechos de maior interesse foram transcritos de forma adaptada³² para facilitar a análise.

Além disso, durante a sequência didática, a pesquisadora foi relatando, em um diário de bordo, pontos que poderiam ser importantes para a análise, com finalidade de manter na memória algumas especificidades dessas aulas.

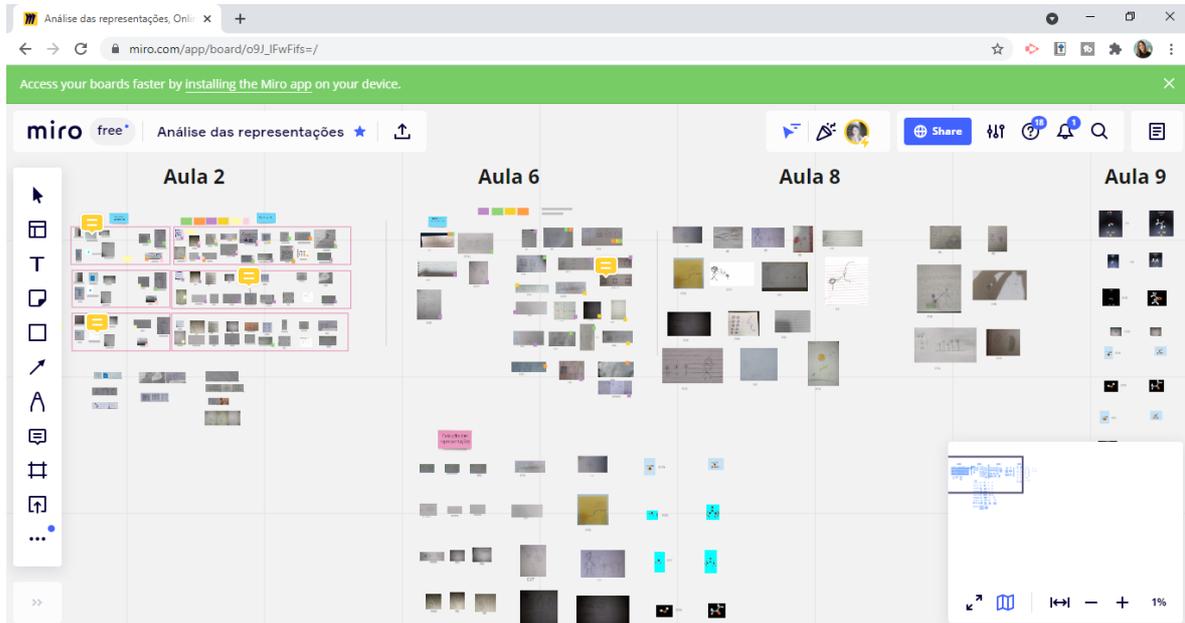
3.7 Análise dos dados

Para análise dos dados, baseamo-nos, principalmente, no referencial de representações multimodais, visto que essa pesquisa tem como objetivo investigar o papel das representações multimodais nas aulas remotas e o envolvimento dos estudantes com a Ciência durante uma abordagem que as utiliza. Assim, consideramos na análise as etapas de cada atividade que envolveu a construção, negociação/refinamento e reelaboração das representações feitas pelos estudantes.

Para auxiliar na análise das representações construídas, utilizamos uma TE chamada *Miro*, cuja finalidade é ser um quadro virtual colaborativo. Sendo assim, criamos um único quadro e inserimos todas as representações enviadas pelos estudantes durante a sequência didática, conforme mostrado a seguir:

³² As transcrições não foram usadas na íntegra. As falas foram transcritas na norma culta da língua portuguesa, e foram removidos vícios de oralidade, gírias e interrupções desnecessárias, sem mudar o sentido do que foi dito pelo estudante.

Figura 9 – Quadro construído no site *Miro* para analisar as representações construídas pelos estudantes durante a sequência de aulas



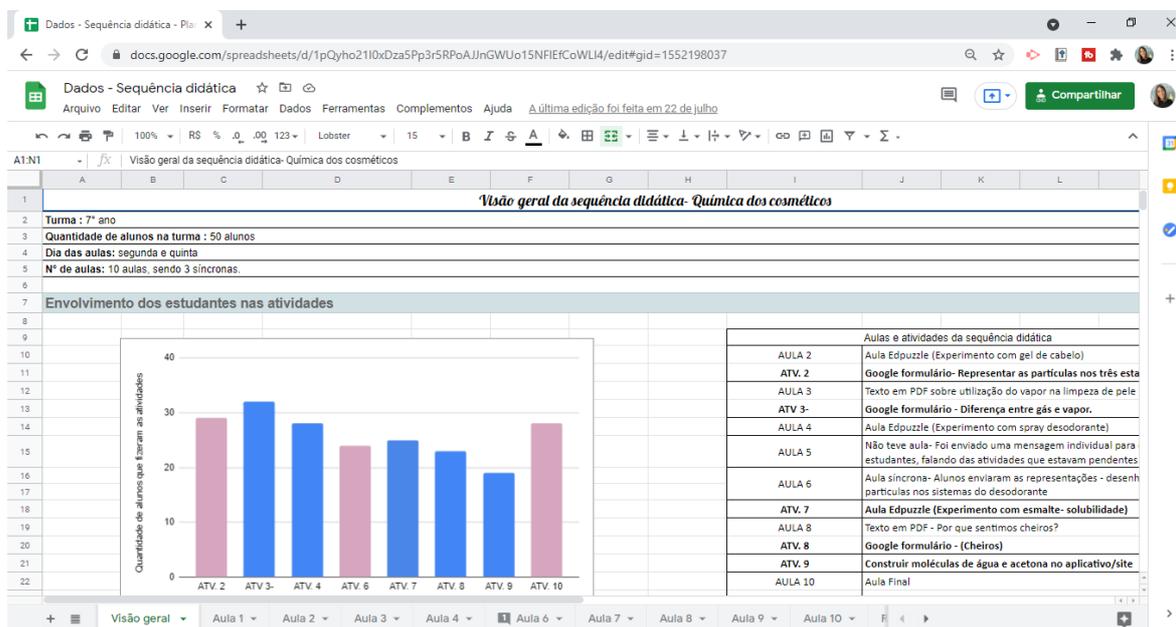
Fonte: elaborado pelas autoras, 2021.

As representações foram separadas por aula, portanto, além de unificar as informações, essa ferramenta também permitiu organizar e agrupar as representações de acordo com critérios de semelhança, o que tornou mais fácil a criação de categorias na análise.

Como acreditamos que as representações multimodais podem ser uma ferramenta epistêmica, também consideramos o referencial de práticas epistêmicas na análise. Como apresentado no Capítulo 3, o uso da linguagem representacional é considerado uma PE. No entanto, durante nossas análises, não foram identificadas, ao longo das atividades, as PEs que emergiram. Não julgamos que analisar, separadamente, cada uma delas seja viável para nossa pesquisa, dado que elas podem enquadrar-se em diferentes categorias relacionadas à produção, à comunicação e à avaliação do conhecimento científico (ver quadro Quadro 1). Assim sendo, voltamos nossa análise para o desenvolvimento da agência epistêmica dos estudantes, tendo um olhar sensível nas interações discursivas – entre eles e com a professora – e nos artefatos produzidos durante a abordagem que se utiliza das representações multimodais.

Os dados brutos da sequência didática foram centralizados em um *Google Planilhas*, de modo a reunir todas as respostas dos estudantes e informações sobre as aulas (quantidade de estudantes que participou, anotações da professora, transcrições na íntegra das contribuições dos estudantes nas aulas síncronas etc.). Para melhor organizar esses dados, cada aba criada nessa planilha correspondia a uma aula específica (ver Figura 10), de tal forma que foram construídas 11 abas, sendo 10 relacionadas às aulas e 1 à visão geral da sequência didática.

Figura 10 – Planilha contendo os dados brutos das aulas da sequência didática



Fonte: elaborado pelas autoras, 2021.

Para o tratamento desses dados, utilizamos um *site* denominado *Notion*, cuja proposta é fazer a gestão de projetos. Utilizamos essa ferramenta de forma adaptada, com o intuito de organizar a pesquisa e realizar o tratamento dos dados, uma vez que esse *site* possibilita uma melhor visualização deles. À vista disso, retiramos da planilha apenas os dados considerados mais relevantes, de modo a inserir nossas considerações em cada aula e alinhar os dados com os referenciais teóricos escolhidos. Nesse contexto, foram estabelecidas relações entre os registros escritos produzidos pelos estudantes a fim de criar categorias que auxiliassem na análise e na compreensão dos resultados (GALIAZZI; MORAES, 2016). Assim como na análise das representações, agrupamos os registros dos estudantes em

categorias semelhantes entre si, que serão apresentados ao longo do capítulo de discussão dos resultados.

Ressaltamos que, durante a análise das aulas síncronas, encontramos uma limitação do ensino remoto. Mesmo gravando as aulas, tivemos dificuldade em identificar qual estudante estava falando, pois, muitas vezes, eles abriam o microfone ao mesmo tempo, e os sons sobrepunham-se. Para tanto, a gravação da tela mostrava apenas os *slides* e o *chat*, portanto, em determinados momentos, não foi possível anotar os estudantes que participaram com alguma contribuição.

CAPÍTULO 4 - PRIMEIRO OLHAR PARA AS REPRESENTAÇÕES

Neste capítulo, apresentaremos uma visão mais geral da sequência didática, em termos de participação e entrega de atividades pelos estudantes, considerando o contexto do ensino remoto. Além disso, discorreremos sobre o envolvimento deles com as duas representações que lhe foram apresentadas na primeira aula, com o intuito de entender como os estudantes lidam com algumas representações que, geralmente, estão presentes em textos didáticos.

4.1 Análise da participação dos estudantes no contexto de ERE

Na época em que ministramos as aulas da sequência didática, o ERE havia sido adotado pela escola há cerca de três meses. Por isso, existia um receio de que os estudantes fossem pouco participativos durante as aulas ou mesmo nem participassem. Também não sabíamos como seria a participação em relação às atividades assíncronas. Sabemos que, no ensino presencial, é comum ocorrer dispersão de estudantes, seja por proximidade de outro colega, seja por interesses que não são compatíveis com o conteúdo. No ensino remoto, no entanto, o ambiente de casa, no qual os estudantes estão, é favorável à maior dispersão, pois talvez haja outras pessoas no ambiente, envolvidas em tarefas diferentes, há possibilidade de deslocar-se sem ser percebido pelo professor e há, ainda, a facilidade de navegar por outros *sites* que estão disponíveis no aparelho usado para assistir às aulas. Portanto, as chances de dispersão aumentam no ERE. Além dessa possibilidade de dispersão, existem fatores que independem do discente ou do docente, tais como problemas relacionados às tecnologias, acesso limitado à internet, falta de equipamento adequado etc.

Para esta pesquisa, fez-se necessário lidar com esse contexto e desconsiderar alguns desses fatores. Dessa maneira, a participação – nas atividades síncronas e assíncronas – foi considerada satisfatória, e os dados produzidos contaram com um número diferente de participantes de uma atividade para outra. Trata-se de contextos históricos, múltiplos e interativos, que influenciam fortemente os trabalhos que investigam as interações discursivas e que visam à compreensão da construção do conhecimento científico (FRANCO; MUNFORD, 2018; KELLY, 2005), e estávamos muito distantes de qualquer possibilidade de resolvê-los.

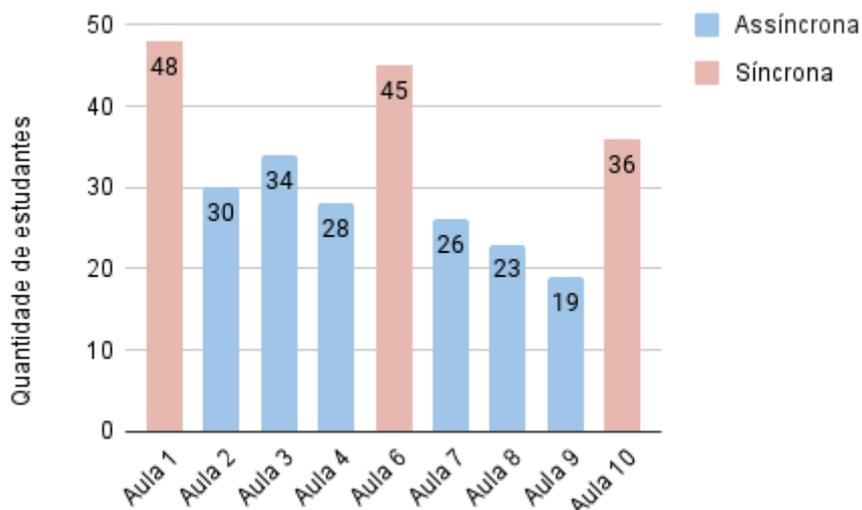
A adesão dos estudantes às aulas remotas poderia, ainda, depender de problemas emocionais decorrentes ou não da pandemia, da reorganização escolar necessária para lidar e acolher os estudantes, do apoio dos pais em relação ao conhecimento, da relação dos pais com a escola, da infraestrutura disponível tanto para o professor quanto para os estudantes, de problemas econômicos e, até mesmo, das questões políticas presentes em um cenário tão polarizado como esse que vivemos no Brasil, caracterizado pela pouca valorização da educação e da Ciência.

Ao vivenciarmos a experiência de produção de dados no ERE, reiteramos o desafio de pesquisas realizadas nesse contexto, pois, por mais que a dispersão dos estudantes seja algo que sempre se faz presente, independentemente se o ensino for *online* ou presencial, entendemos que é necessário mobilizar recursos para que ela seja minimizada.

Ademais, houve receio de que o conteúdo trabalhado na sequência didática não tivesse uma relação direta com o conteúdo de Ciências que o professor efetivo estava abordando. Esse fator também foi foco de atenção, pois os estudantes poderiam mais facilmente não participar desse conjunto de aulas caso não percebessem relação direta com as aulas anteriores, das quais estavam participando.

Apesar de todo esse cenário desanimador, observamos uma boa adesão dos estudantes às aulas. A Figura 11 mostra a participação dos estudantes nas aulas síncronas e a entrega das atividades nas aulas assíncronas.

Figura 11 – Gráfico com a presença dos estudantes durante as aulas da sequência didática



Fonte: elaborado pelas autoras, 2021.

Conforme mencionado, entre as 10 aulas, 3 ocorreram de forma síncrona (aulas 1, 6 e 10). Nesse caso, para mapear a presença dos estudantes, solicitamos ao professor-regente a lista de chamada com todos que estavam no *Google Meet*, pois todo início de aula ele realizava esse controle. Já nas aulas assíncronas, a presença do estudante foi equivalente à entrega das atividades propostas. Para essa análise geral da sequência, consideramos todos os estudantes, porém, para efeito desta pesquisa, foram utilizados os dados dos 32 estudantes que assinaram o TCLE e o TALE.

Considerando os dados presentes na Figura 11, percebemos que houve um maior comparecimento dos estudantes nas aulas síncronas. Podemos inferir que isso ocorreu pelo fato de as aulas síncronas estarem agendadas pela escola, o que criava certo “compromisso” de horário. Para as aulas assíncronas, em que não existia um horário definido previamente para realização das atividades, a organização e a autonomia dos estudantes eram importantes. E, por se tratar de estudantes do Ensino Fundamental e por estarem em fase ainda inicial do ERE, possivelmente essa autonomia não estava desenvolvida, e fazer essas atividades dependia, em parte, do incentivo de familiares, como foi feito pela professora na aula 5, em que os estudantes receberam o *feedback* e foram convidados a fazer as atividades atrasadas. São diversos os fatores que podem ter favorecido a presença dos estudantes nas aulas síncronas, embora saibamos que a presença na

plataforma de videochamada não garante que eles estivessem efetivamente assistindo à aula, já que as câmeras de muitos estudantes ficavam fechadas, e nem todos participaram do *chat*. Os estudantes foram orientados a abrir o microfone apenas quando fariam comentários ou explicitariam dúvidas. Além disso, as aulas síncronas possibilitam o “encontro” tanto com os colegas quanto com o professor, e isso gera uma maior interatividade, uma vez que eles poderiam participar de maneira mais ativa, fazendo comentários e apontando dúvidas, em tempo real.

Foi disponibilizado para os estudantes, na última aula, um *Google Formulários*, com a finalidade de ser um instrumento de avaliação da disciplina. Ao analisar as respostas, observamos que 96% dos estudantes disseram ter aprendido conceitos científicos ao participar dessas aulas. Como exemplo, destacamos as seguintes respostas:

Gostei muito das aulas porque tive a oportunidade de conhecer sobre átomos e moléculas, que eu não sabia como eram (E15)

Eu amei as aulas da disciplina, foram interessantes e estimulantes para mim. Eu já amava cosméticos antes, mas não entendia muito, após as aulas eu comecei a aprender mais sobre as partículas. Foi muito bom e divertido (E1)

Por meio desses dois comentários, que são representativos de vários outros feitos nessa mesma direção, podemos inferir que os estudantes puderam lidar com conceitos científicos, seja durante as atividades que envolviam o modelo cinético-molecular, seja na construção de representações que, como disse E1, foi “divertido”.

Considerando a participação durante as aulas síncronas, as discussões ocorridas, a realização das atividades e os comentários feitos durante a avaliação da disciplina, argumentamos que a participação dos estudantes, nesse conjunto de aulas com o tema “cosméticos”, foi muito significativa, principalmente por se tratar de ERE.

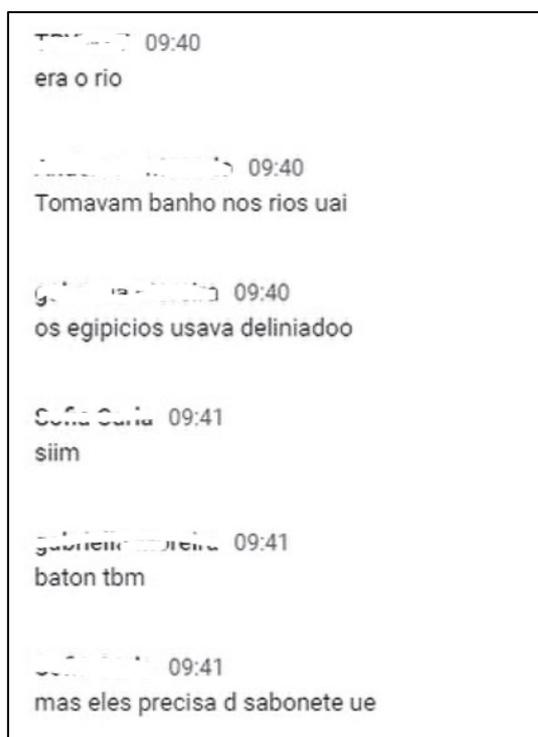
4.2 Primeiro olhar para representações: identificando as concepções prévias

A primeira aula ocorreu de forma síncrona e foi o primeiro contato da professora-pesquisadora com os estudantes. Nesse momento, foram apresentados a eles a proposta didática, os TCLEs e o cronograma das aulas. A professora, então, fez uma breve apresentação do tema “cosméticos” em que havia um gráfico e uma imagem

que foram explorados, com a intenção de identificar como os estudantes lidam com representações mais comuns.

Fizeram parte desta aula, no *Google Meet*, 61 participantes, sendo 48 estudantes, 2 professores (a pesquisadora e o professor-regente da disciplina) e os 11 monitores e estagiários. Antes de iniciar a aula, observamos que os estudantes que entravam na videochamada interagiram entre si, usando o *chat* para comentar assuntos que não possuíam relação com o conteúdo de Ciências. Percebemos que o uso do *chat* perdurou durante a aula, entretanto houve uma mudança no cenário após a professora iniciar sua fala, de modo que a maioria das mensagens estava voltada para o conteúdo abordado. Isso nos possibilitou inferir, como uma primeira impressão, que uma das características dessa turma é ser atenciosa e, provavelmente, participativa (ver Figura 12).

Figura 12 – Chat do Google Meet no tempo de aula de 30:18



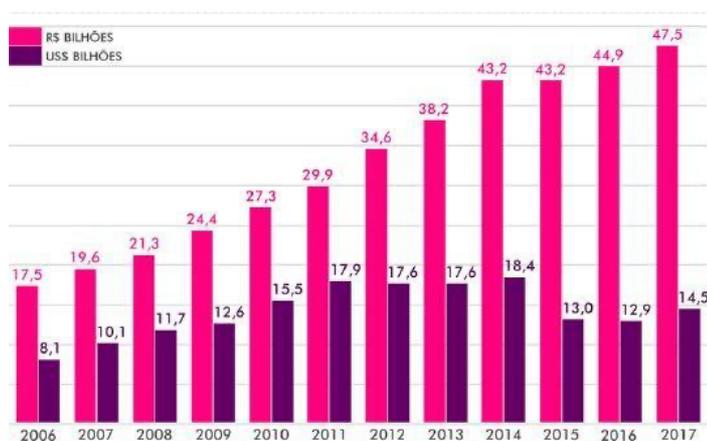
Fonte: elaborado pelas autoras, 2020.

Ao receberem a pergunta referente à definição de cosméticos, a maioria dos estudantes associou o termo a produtos de beleza. Porém, quando a professora

questionou essa associação, duas estudantes apontaram os produtos de higiene pessoal. Ao serem solicitados a fornecer exemplos de cosméticos usados no dia a dia, eles se mostraram muito participativos.

A primeira representação que constava no *slide* usado pela professora foi na forma de gráfico e mostrava um panorama geral do mercado brasileiro, em um período de 11 anos (2006-2017), em relação ao valor comercializado em produtos de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (HPPC), e refere-se à Figura 13.

Figura 13 – Evolução do mercado brasileiro de HPPC de 2006 a 2017



Fonte: *Cosmetic Innovation*, 2018.

Foi solicitado que os estudantes interpretassem o gráfico para explicar o que acontecia com o uso dos cosméticos no Brasil, no período delimitado. A princípio, não houve resposta, o que fez com que a pergunta fosse refeita. Um dos participantes comentou:

As pessoas estão gastando mais dinheiro em cosméticos (E12)

A professora perguntou se os outros colegas concordavam com isso, e alguns responderam que sim, porém a discussão não se estendeu. Acreditamos que a pouca participação nesse momento específico da aula, quebrando um padrão observado até então, pode ser um indício de que eles não têm familiaridade com esse tipo de representação.

A segunda representação presente nos *slides* foi uma charge (Figura 14) cuja crítica envolvia os gastos do brasileiro com cosméticos e a presença do que seria um “padrão” de beleza em nossa sociedade.

Figura 14 – Charge envolvendo padrão de beleza e gasto com produtos de beleza



Fonte: OLIVEIRA, 2010.³³

Como essa charge envolve assuntos mais aprofundados relativos a questões de gênero e a padrões de beleza, acreditamos que a análise dessa representação poderia ser complexa para os estudantes. Assim sendo, a professora realizou várias perguntas de modo a orientar a discussão.

Foram trabalhadas três críticas principais nessa charge: a prioridade que os brasileiros dão para estética em comparação às necessidades básicas; o possível machismo presente na charge, uma vez que é a mulher que está pedindo pelo item, sendo possível inferir que essa não é uma preocupação do gênero masculino; os padrões de beleza que são socialmente aceitos, visto que o título da charge é sobre os gastos do brasileiro com beleza, e o cabelo da personagem é encaracolado, sendo que a “chapinha” possui a finalidade de alisá-lo. Nesse contexto, os estudantes conseguiram identificar que os personagens da charge são moradores de rua, sendo que o homem está pedindo dinheiro, e a mulher está pedindo um produto que mostra a presença de um padrão de beleza: o cabelo liso. Ao serem

³³ OLIVEIRA, E. **Beleza em primeiro lugar**. 29 out. 2010. Disponível em: <http://meumanequimnaoe36.blogspot.com/2010/10/beleza-em-primeiro-lugar.html>. Acesso em: 15 jun. 2021.

questionados em relação à crítica presente nessa charge, um estudante comentou que as pessoas estão mais preocupadas com a beleza do que com a saúde.

Quando escolhemos a temática da sequência didática, preocupamo-nos com relação a questões ligadas a gênero, por haver uma concepção de que os cosméticos seriam usados apenas por mulheres. Essa representação teve a intenção de levantar esse problema. De acordo com Gilbert e Treagust (2009), utilizar charges conceituais facilita que estudantes com opiniões diferentes apresentem suas ideias na aula. Portanto, a professora guiou essa discussão, conforme mostrado na transcrição a seguir:

Professora: Vocês me falaram que a mulher está pedindo chapinha, e o homem está pedindo dinheiro. Quem está preocupado com beleza, então?

Estudantes (vários): A mulher.

Professora: Essa charge joga o peso da beleza para a mulher. Homem usa cosmético?

Estudantes (vários): Sim.

Além de se mostrarem animados com a temática, foi possível perceber que concepções relacionadas a gênero não seriam um problema para a sequência didática, pois não houve hesitação da parte dos estudantes em falar que homens também utilizam cosméticos voltados para a beleza.

Assim como foi percebido no trabalho de Pinto e *et al.* (2014), observamos que os estudantes também apresentaram dificuldades na interpretação de gráfico, e, mesmo sendo algo prematuro para afirmar, isso pode ser evidenciado como uma habilidade que precisa ser aprimorada.

Acreditamos que o gráfico, mesmo sendo uma representação muito utilizada ao longo do currículo escolar, ainda não é familiar para os estudantes do sétimo ano do Ensino Fundamental. Segundo Hand, Macdermott e Prain (2016), há registros na literatura que mostram que, no enquadramento conservador do ensino de Ciências, há um processo de memorização mecânica que possibilita o surgimento de ideias, porém não há construção de significados. Stroupe (2014) afirma que essa pouca construção de significados torna-se evidente quando representações canônicas em livros didáticos são apresentadas para os estudantes, pois elas reforçam uma concepção de que a resolução de problemas na Ciência é um processo linear, promovendo uma concepção errônea de aspectos epistemológicos da Ciência.

Entendemos, com isso, que o ensino de Ciências ancorado na simples transmissão de informações pode promover uma memorização de gráficos, sem que eles sejam devidamente entendidos. Sendo assim, quando uma nova representação desse tipo é apresentada para os estudantes, no geral, eles encontram dificuldades para interpretar as informações presentes e, assim, realizar a análise do gráfico.

A representação, portanto, tem um papel importante para esses estudantes e pode auxiliá-los a organizar/entender/interpretar as informações contidas nessas representações. No capítulo seguinte, passamos a analisar o desempenho dos estudantes com representações no submicroscópica da Química, sendo consideradas, neste trabalho, as partículas.

CAPÍTULO 5 - DESENHANDO UMA PARTÍCULA: A INICIAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE REPRESENTAÇÕES ENVOLVENDO O MODELO CINÉTICO-MOLECULAR

Consideramos, nesta análise, os dados das aulas 2 a 6 (exceto aula 5), que incluem o processo de preparação para a construção das representações, a análise das representações construídas e as discussões necessárias para o aprimoramento dessas representações. Nesse sentido, os resultados não foram apresentados na ordem das aulas, visto que, na aula 6, – síncrona –, muitas discussões e dúvidas foram retomadas, conforme mostrado no Quadro 4, presente no Capítulo do percurso metodológico. Dessa forma, visando a um melhor entendimento e para manter uma lógica no texto, apresentamos os resultados referentes a um mesmo assunto juntos, independentemente se foram construídos em aulas diferentes.

Na primeira etapa da aula 2, que envolveu a preparação para a construção da representação dos estados físicos, tivemos um total de 30 estudantes que assistiram ao vídeo postado na plataforma *Edpuzzle*, cuja descrição encontra-se no capítulo da metodologia. No entanto, foram consideradas as respostas dos 25 estudantes que preencheram os termos autorizando o uso dos dados. Acreditamos que seja relevante destacar alguns pontos dessa atividade, sendo um deles a dificuldade da turma em citar exemplos que estão no estado gasoso, o que não ocorreu para as substâncias nos estados sólido e no líquido.

Em função dessa dificuldade, categorizamos as respostas relativas à identificação de substâncias no estado gasoso que estivessem próximas dos estudantes, conforme mostrado no Quadro 6.

Quadro 6 – Categorização das respostas dos estudantes quanto ao estado gasoso

Categorias	Subcategorias	Quantidade de estudantes
Algo invisível	Ar ou alguma substância gasosa	9
	Substâncias com cheiros	5
Algo visível	Processo de evaporação	4
	Nuvens	3
Não sabem		4

Fonte: atividades feitas pelos estudantes, 2021.

As categorias mostradas nesse quadro emergiram a partir dos dados, ou seja, a partir das respostas dos estudantes. Na primeira categoria, que relacionou o estado gasoso a algo invisível, tivemos um total de 14 respostas, o que representa aproximadamente 56% dos estudantes. Essas respostas foram divididas em duas subcategorias, sendo que uma delas contém as respostas que indicaram o ar ou alguma substância gasosa como exemplo, tais como o “Hélio e o ar”, citado por E16.

Já na segunda subcategoria, há uma relação entre o estado gasoso e os cheiros. Para ilustrá-la, destacamos a resposta de E18, que citou o “gás de cozinha”. Observamos que, nesse caso, a maioria das respostas mencionava o gás de cozinha (GLP) como um exemplo. Sabemos que o GLP é inodoro, mas que, por questões de segurança, é adicionado um composto à base de enxofre, com um odor característico, para que um possível vazamento possa ser identificado pelos usuários. Provavelmente, o cheiro característico do gás de cozinha e o fato de ele ser chamado de “gás” fez com que os estudantes relacionassem substâncias gasosas como algo que possuísse cheiro.

A segunda categoria contém 7 respostas (28%), sendo que nelas foram indicados exemplos do estado gasoso que são, segundo os estudantes, visíveis. Para compreender melhor essa categoria, novamente dividimos em duas subcategorias: o processo de evaporação e as nuvens. Na primeira, está o maior número de respostas e relaciona substâncias gasosas a uma mudança de estado físico, como mostrado no exemplo a seguir:

Aqui perto de mim não tem nada gasoso, mas lá na cozinha, minha mãe pode estar fazendo café. A água que está no fogo está soltando um vapor, que eu acho que é a água no estado gasoso. (E31)

Com isso, entendemos que eles podem estar confundindo gotículas de água no estado líquido com a água no estado gasoso. Tivemos outras respostas que também evidenciaram isso, apontando como exemplo a “fumacinha” liberada durante o banho quente, o café, no ferro de passar roupa, na panela de pressão etc.

Ainda dentro dessa categoria, identificamos três respostas que assinalaram as nuvens como exemplo. No caso de E21, que citou as nuvens, a resposta foi complementada com “O vapor da água subindo para as nuvens, porque aqui acabou de chover”. Podemos observar que, embora E21 tenha citado a nuvem, a

complementação da resposta também cita o processo de evaporação, que não é visível. Nessa subcategoria, os três estudantes também podem ter confundido substâncias no estado gasoso com pequenas gotículas de água, uma vez que citaram, inicialmente, algo que é visível, no caso, as nuvens.

Por fim, em uma última categoria, colocamos os quatro estudantes que não souberam responder à pergunta, representando um total de 16%.

A questão subsequente a essa era de múltipla escolha e solicitava que os estudantes dissessem qual o estado físico da água presente nas nuvens, sendo possível assinalar mais de uma opção. 16 estudantes, o que equivale a 65%, marcaram que elas são formadas apenas por água no estado gasoso, ou seja, uma parcela considerável novamente associa o gás a algo visível. Essas duas perguntas apresentadas envolviam o nível de pensamento macroscópico, pois estão relacionadas a propriedades empíricas dos gases (GILBERT, 2010). Embora não exigisse um pensamento submicroscópico, já esperávamos que os estudantes apresentassem dúvidas em relação a esse estado físico. Encontramos, na literatura, o trabalho de Carolan (2016), que propôs uma atividade semelhante em que os estudantes deveriam representar o processo de evaporação da água em um tanque de peixes. A pesquisadora notou que o destino final das partículas eram as nuvens, sendo que, após entrevistar os estudantes, havia indícios de incertezas quanto ao estado físico gasoso. Por também se tratar de estudantes do Ensino Fundamental e por ser um conteúdo científico que facilmente sofre influências do cotidiano, ou seja, as explicações do cotidiano são amplamente usadas, já esperávamos essas dificuldades.

Na última pergunta dessa atividade, relacionada ao experimento do gel de cabelo, houve um índice maior de acertos, sendo que 13 estudantes marcaram que esse cosmético era composto por substâncias nos estados sólido e líquido. Isso equivale a aproximadamente 53% dos estudantes, sendo que o restante marcou alternativas diferentes.

A segunda etapa dessa aula consistiu na atividade de construção de representações para as partículas da água nos três estados físicos, sendo que, desta atividade, participaram 27 estudantes. Porém, apenas 23 conjuntos de representação foram

considerados, respeitando as questões éticas da pesquisa. Para análise dos desenhos, consideramos *i) Aspectos das partículas*, principalmente em termos de formato, e *ii) Quantidade de partículas (zoom)*.

i) Aspectos das partículas

Em relação a esse item, observamos uma variedade de formatos para as partículas, nas representações enviadas. E, ainda, representações feitas apenas das partículas (submicroscópicas por natureza) e dessas partículas dentro de um sistema macroscópico. O Quadro 7 mostra essas especificidades e os estudantes que usaram determinado formato.

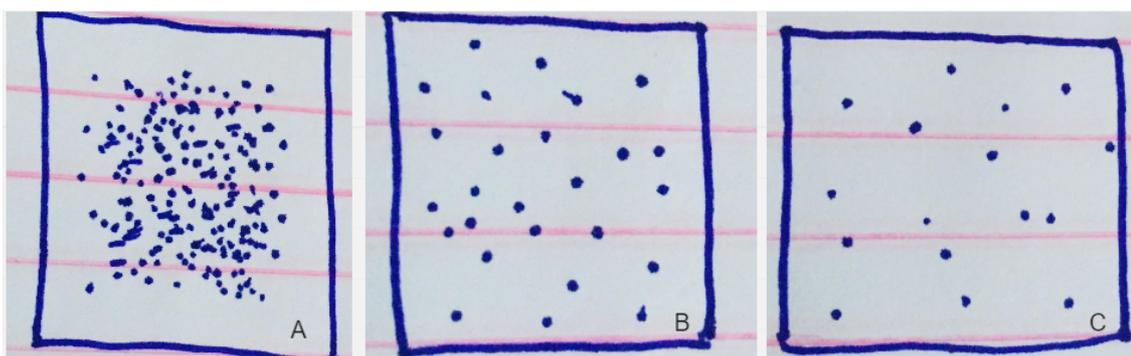
Quadro 7 – Análise das representações em relação ao aspecto das partículas (i)

Categorias	Subcategoria	Estudantes
Submicroscópicas	Pontinhos	E5, E25, E26, E29, E31, E46, E50
	Círculos não preenchidos	E1, E18, E32, E38
	Círculos preenchidos	E16, E20, E27
Macroscópica	Não considera as partículas	E13, E15, E21, E22, E41, E43
	Considera as partículas	E14, E36, E48

Fonte: atividades feitas pelos estudantes, 2021.

Foi possível identificar duas grandes categorias, sendo a primeira delas os desenhos que foram feitos considerando o nível submicroscópico. Nesse caso, tivemos um total de 14 conjuntos de representações, sendo que grande parte dos estudantes representou as partículas como pontinhos, o que era esperado, uma vez que a professora trabalhou com o conceito de partícula como a menor parte a ser representada, durante a videoaula. Para exemplificar essa subcategoria, destacamos a seguinte representação:

Figura 15 – Representação dos estados físicos feita pelo estudante E50

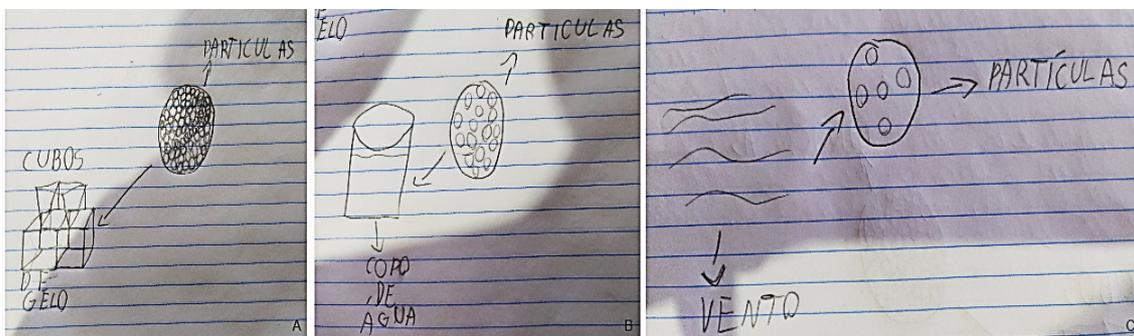


Fonte: elaboração dos estudantes, 2020.

Nesse desenho, podemos perceber que o estudante E50 usou pontinhos para representar as partículas e usou um distanciamento diferente para cada estado físico, sendo a representação do sólido (A) com pontinhos bem próximos uns dos outros, do líquido com pontinhos mais afastados (B) e do gás bem mais afastados (C). Esse desenho é semelhante aos desenhos produzidos pelos outros seis estudantes que estão nessa categoria.

Tivemos 4 representações nas quais as partículas foram desenhadas como círculos não preenchidos (Figura 16). Nesse caso, entendemos que essa não é a melhor forma de representar, visto que a partícula deveria ser representada como a menor parte de algo. Sendo assim, desenhá-la dessa maneira pode ser um indício de concepções alternativas, pois fica subentendido que há espaço dentro da partícula (PENA; QUADROS, 2020).

Figura 16 – Representação dos estados físicos feita pelo estudante E38

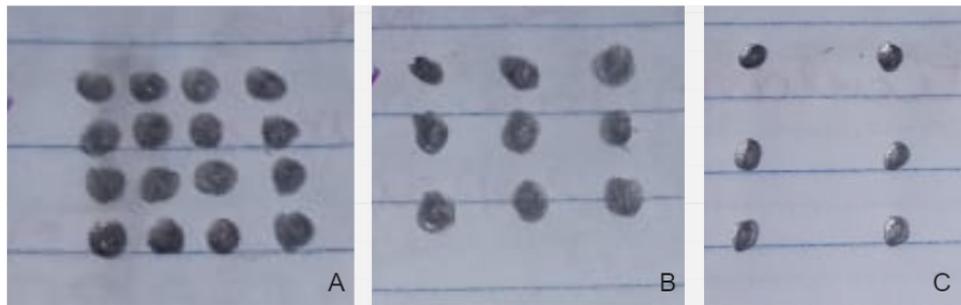


Fonte: elaboração dos estudantes, 2020.

Diante disso, não temos clareza quanto ao entendimento do estudante em relação a uma partícula como a menor parte, e, por isso, esse item será retomado posteriormente em uma discussão.

Por fim, ainda considerando os desenhos submicroscópicos, tivemos 5 estudantes que representaram as partículas como círculos preenchidos. Ao contrário dos pontinhos, nesses casos os estudantes aumentaram o tamanho da partícula e coloriram dentro, conforme pode ser percebido no desenho de E16, na Figura 17:

Figura 17 – Representação dos estados físicos feita pelo estudante E16

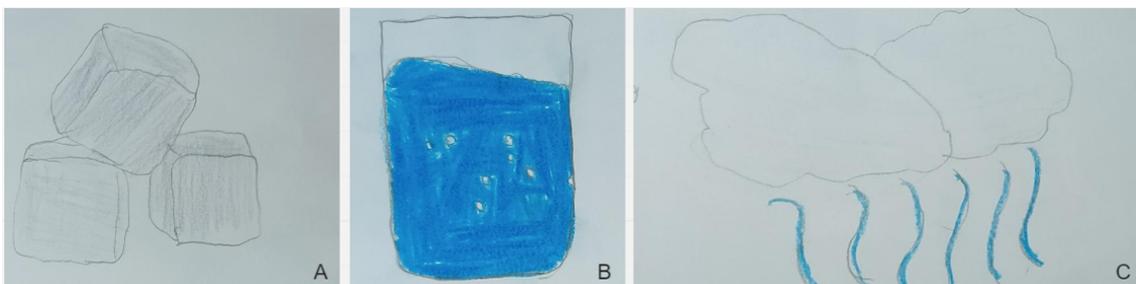


Fonte: elaboração dos estudantes, 2020.

Seguindo um raciocínio análogo ao dos círculos sem preenchimento, acreditamos que representar dessa forma também pode estimular o surgimento de concepções alternativas, uma vez que os estudantes podem entender que há algo dentro da partícula, embora não tenhamos como identificar a concepção do estudante, nesse momento. Por isso, talvez essa não seja a forma mais adequada para representar uma partícula.

Já na segunda categoria, foram classificados os estudantes que representaram os estados físicos considerando, também, o nível macroscópico. Nesse caso, tivemos um total de 9 desenhos, sendo que 6 deles foram agrupados na subcategoria das representações que não consideraram as partículas, ou seja, foram desenhados o gelo, a água líquida e o gás, conforme ilustrado na Figura 18:

Figura 18 – Representação dos estados físicos feita pelo estudante E15



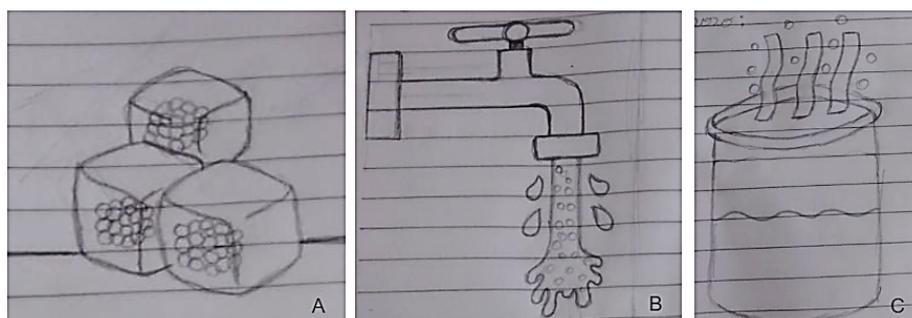
Fonte: elaboração dos estudantes, 2020.

Ressaltamos, novamente, a relação que alguns estudantes fizeram do estado gasoso como sendo algo visível, pois, conforme observado na Figura 18-C, temos o gás sendo associado ao vapor e as nuvens, a um possível destino final (CAROLAN, 2016). Além disso, destacamos que o estudante E15 não apresentou dificuldade

para exemplificar o estado gasoso na primeira atividade (ver Quadro 6), uma vez que ele citou o gás como o ar que respiramos. Entretanto, na hora de representar esse conceito, seu desenho não condissse com a resposta apresentada anteriormente. Essa tendência foi muito observada em trabalhos que envolvem as representações multimodais, pois eles mostram que “os estudantes não valorizam a representação como uma forma de organizar o próprio pensamento.” (ARAUJO; KADOOCA; QUADROS, 2020, p. 61).

Na outra subcategoria, temos os desenhos que, mesmo sendo feitos considerando as partículas, foram elaborados dentro de um sistema macroscópico e, nesse caso, considerando as propriedades físicas da água, conforme mostrado no exemplo do estudante E36:

Figura 19 – Representação dos estados físicos feita pelo estudante E36



Fonte: elaboração dos estudantes, 2020.

Observando as primeiras representações feitas por esse grupo de estudantes, podemos afirmar que eles têm conhecimento relativo à distância entre partículas nos três estados físicos. No entanto, apenas um grupo mais restrito parece ter uma ideia mais ampla do mundo submicroscópico. Esse dado reforça a ideia de que as representações precisam ser mais exploradas no EF.

ii) Quantidade de partículas (zoom)

As representações dos estudantes também foram analisadas em função da quantidade de partículas. Se o estudante considerar apenas a representação submicroscópica, usando o *zoom*, por exemplo, podemos saber que se trata de uma grande quantidade de partículas, incontáveis, no caso. Porém, se ele desenhar essas partículas dentro de um objeto, talvez o “tamanho” de uma partícula não

estivesse suficientemente claro para o discente. Por isso, iniciamos essa parte da análise pelo uso ou não de *zoom*. A partir daí, foram consideradas apenas as representações no nível submicroscópico, uma vez que os desenhos no macroscópico não necessitam do *zoom*. Então, a representação de 16 estudantes está sintetizada no Quadro 8.

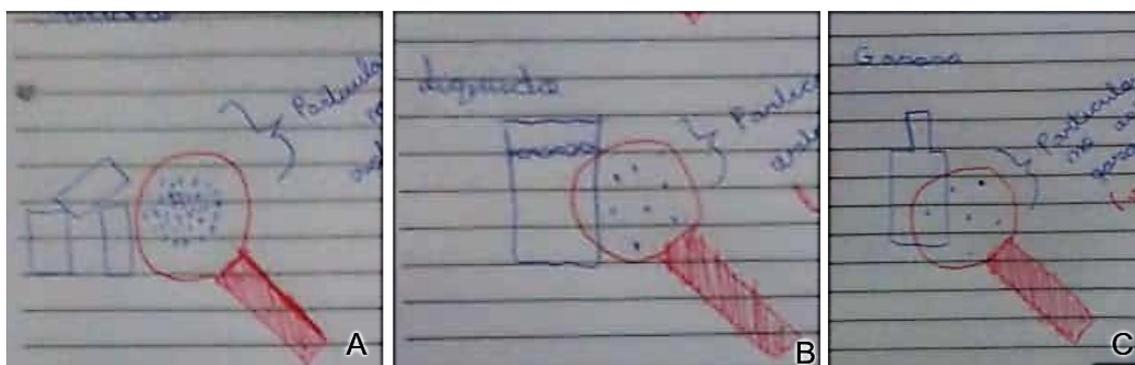
Quadro 8 – Análise das representações em relação à quantidade de partículas (ii)

Categorias	Estudantes
Delimitou o <i>zoom</i>	E1, E5, E14, E15, E29, E32, E38, E46, E50
Não delimitou o <i>zoom</i>	E16, E18, E20, E25, E26, E27, E31

Fonte: atividades feitas pelos estudantes, 2021.

Conforme observado no Quadro 8, a maioria dos estudantes (9) delimitou uma parte do desenho, fazendo o *zoom*. Com isso, mostraram que não é possível contabilizar a quantidade de partículas presentes em uma substância. Para exemplificar essa categoria, destacamos uma das representações feitas:

Figura 20 – Representação dos estados físicos feita pelo estudante E5

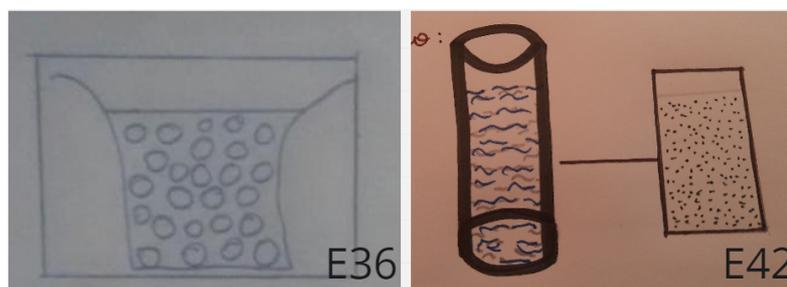


Fonte: elaboração dos estudantes, 2020.

Nesse caso, o estudante representou uma lupa para indicar o *zoom* nos estados físicos sólido (A), líquido (B) e gasoso (C).

Ainda nessa categoria, achamos interessante evidenciar as representações dos estudantes E32 e E46, que delimitaram o *zoom*, porém, no estado líquido, as partículas foram representadas de modo a adquirir o formato do recipiente, como mostrado na figura a seguir:

Figura 21 – Representações das partículas no estado líquido feitas pelos estudantes E36 e E42

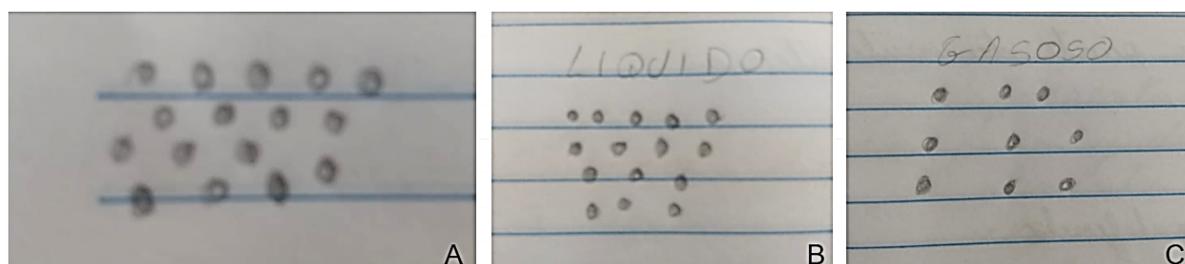


Fonte: elaboração dos estudantes, 2020.

Essas representações presentes na Figura 9 mostram-nos que houve uma compreensão acerca do comportamento dos líquidos, porém esses estudantes provavelmente não entenderam a finalidade do *zoom*.

Diferentemente da categoria anterior, temos 7 desenhos que não delimitaram de forma clara o *zoom*, ou seja, os estudantes não representaram a lupa nem o recipiente macroscópico, acarretando a ideia de que pode existir um número específico de partículas em um determinado espaço (ver Figura 22).

Figura 22 – Representação dos estados físicos feita pelo estudante E20



Fonte: elaboração dos estudantes, 2020.

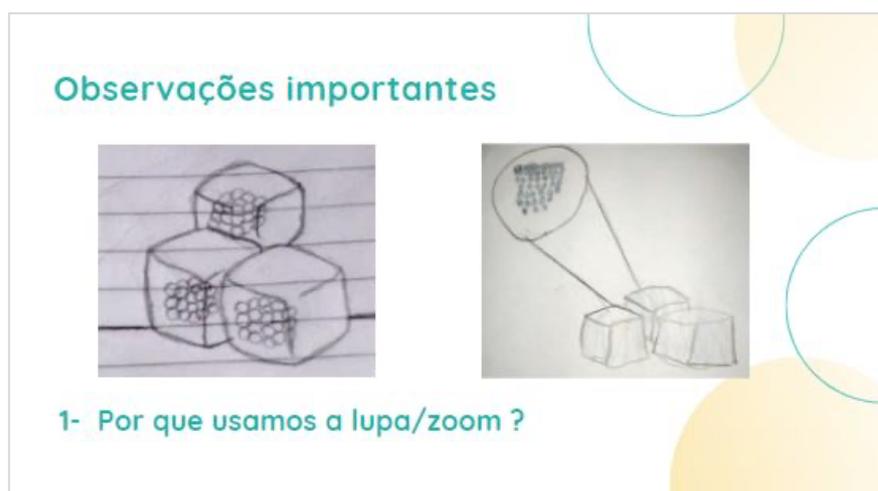
No caso dessa representação construída pelo E20, pode-se inferir que existem 9 partículas no estado gasoso (Figura 22-C), o que não condiz com o conhecimento científico, embora não seja claro se esse estudante está “imaginando” as partículas existentes em apenas um ponto ou não.

Como essa atividade ocorreu de forma assíncrona, as questões sobre o aspecto da partícula e a quantidade de partículas foram retomadas na aula 6 (ver Quadro 4). Sendo assim, trazemos, a seguir, a discussão referente a esse assunto, ocorrida na aula 6.

Com objetivo de aproveitar a dinâmica e a interação que a aula síncrona pode proporcionar, a professora orientou a discussão por meio de três perguntas:

- I- Por que usamos a lupa/zoom?
- II- As partículas de água são iguais ou diferentes?
- III- Qual a diferença entre as representações do estado sólido, líquido e gasoso?

Figura 23 – Slide contendo a Pergunta I



Fonte: elaborado pelas autoras, 2020.

Para que a pergunta I pudesse ser melhor entendida pelos estudantes, foram apresentadas duas representações, conforme mostrado no *slide* presente na Figura 23, sem identificar seus autores. Um fragmento da discussão acerca dessa pergunta está transcrito a seguir:

Professora: Por que a gente usa a lupa/o *zoom* para fazer o desenho das partículas?

E50: Porque não dá pra ver.

E5: Pra aumentar.

E36: Pra ampliar a imagem.

E14: Para mostrar a representação da molécula.

Professora: [...] Observem o primeiro desenho (Figura 23), quantas partículas tem nele? Vamos contar (conta com os estudantes). Eu contei 19. Agora, eu pergunto para você... se vocês pegarem um cubinho de gelo na geladeira, quantas partículas de água tem no gelo?

E31: Muito mais do que 19.

E27: Milhões.

E12: Bastante.

E36: Acho que milhões.

Professora: Então, vocês acham que vai ter mais ou menos do que 19?

Estudantes: Muito mais.

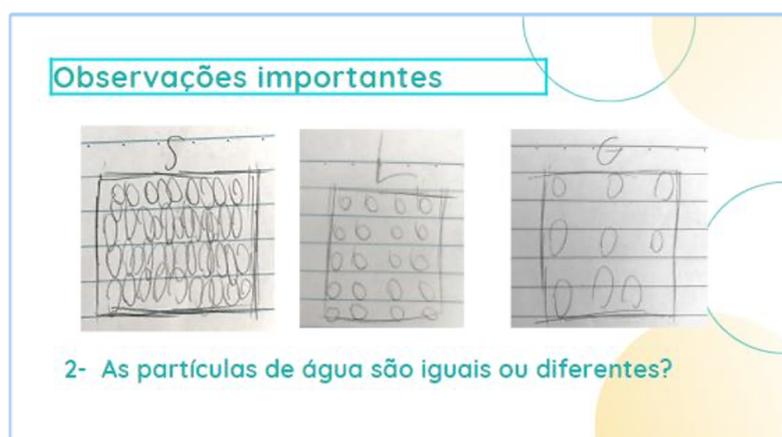
Professora: Se a gente representa desse jeito, sem o *zoom*, parece que o gelo só tem 19 partículas. Isso está correto?

Estudantes (vários): Não.

Não esperávamos que a maioria dos estudantes considerasse o *zoom* nas representações construídas, visto que há trabalhos que mostram que essa é uma dificuldade recorrente no contexto de professores em formação (QUADROS *et al.*, 2020). Apesar disso, percebemos, nesse trecho da discussão, que os estudantes tomaram consciência do papel do *zoom* na representação.

A pergunta subsequente seguiu a mesma orientação da primeira, sendo compartilhada com a turma a representação de um dos estudantes, porém sem citar a autoria, conforme a Figura 24.

Figura 24 – Slide contendo a Pergunta II



Fonte: elaborado pelas autoras, 2020.

Como os estudantes não foram entrevistados individualmente, não foi possível afirmar se as representações cujas partículas aparentavam ser diferentes foram devido a uma concepção alternativa de que elas mudam formato/tamanho de acordo com o estado físico, ou se essa diferença não era algo significativo. Em função disso, a professora-pesquisadora levantou essa discussão, conforme mostrado na transcrição a seguir:

Professora: As partículas de água são iguais ou diferentes em cada estado físico? Por exemplo, se a gente pegar só uma partícula... a partícula de água no estado sólido é igual à partícula de água no estado líquido, nesse exemplo?

Estudantes (vários): Não

E5: Talvez sim, talvez seja diferente a quantidade em cada um.

Professora: Mas vamos considerar só uma partícula. A gente não considerou que a molécula de água, H_2O , seria uma partícula? Essa partícula é diferente em cada estado físico? As moléculas de água são diferentes?

E27: Não. Porque ainda é água.

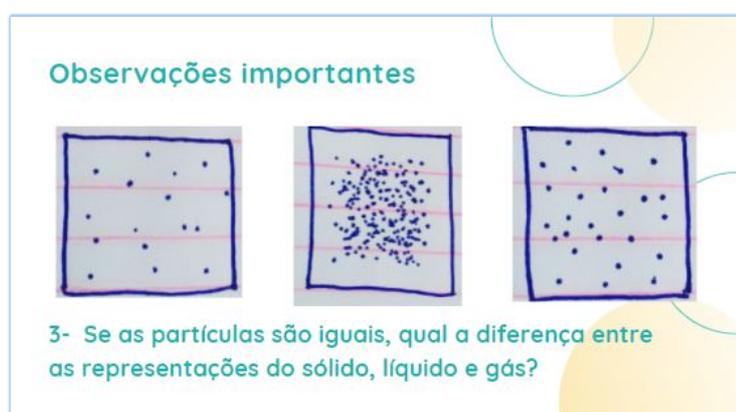
Professora: Observem as moléculas que esse estudante desenhou. O que vocês entendem quando vocês veem esses desenhos?

E27: Que pra cada estado físico é um tipo de partícula.

Destacamos, nesse trecho da aula, as falas do estudante E27, que conseguiu identificar, na representação da Figura 24, uma possível concepção alternativa, ressaltando que, por se tratar da mesma substância, a água, a partícula não poderia ser diferente nos três estados físicos. Como poucos estudantes representaram as partículas consideravelmente diferentes, esse não foi um parâmetro considerado na análise das representações, mostrada anteriormente. No entanto, acreditamos que orientar essa discussão seria importante, pois havíamos realizado um trabalho anteriormente no qual foi observado que professores em formação possuíam certa dificuldade para escolher como representar partículas de diferentes estados físicos (ARAUJO; KADOOCA; QUADROS, 2020). Como uma das intenções da representação é tornar a Ciência mais compreensível para as pessoas (EVAGOROU; ERDURAN; MÄNTYLÄ, 2015) e tendo em vista que há uma necessidade de trabalhá-las desde o Ensino Fundamental (BARONE; BARONE, 2017), frisamos nessa discussão que as partículas de água são iguais, portanto deve-se mostrar isso na representação.

Por fim, a Pergunta III foi um fechamento dessa discussão, sendo apresentadas para os estudantes as seguintes representações:

Figura 25 – Slides contendo a Pergunta III



Fonte: elaborado pelas autoras, 2020.

Escolhemos essa representação pelo fato de mostrar bem o distanciamento nos três estados físicos. Na discussão subsequente à pergunta, observamos que não havia dúvidas de que o espaçamento das partículas na representação é um fator que influencia diretamente o estado físico que é representado.

Professora: Vocês já me falaram que as partículas são iguais, mas se elas são iguais, qual a diferença entre as representações nos três estados físicos?

E5: As partículas são iguais, mas o espaçamento entre elas em cada estado é diferente. Cada estado físico vai ter uma separação diferente tipo a água, as moléculas, as partículas, vão estar mais juntas e no gás elas estão mais separadas.

Professora: Vendo esse desenho, vocês conseguem identificar qual é o sólido?

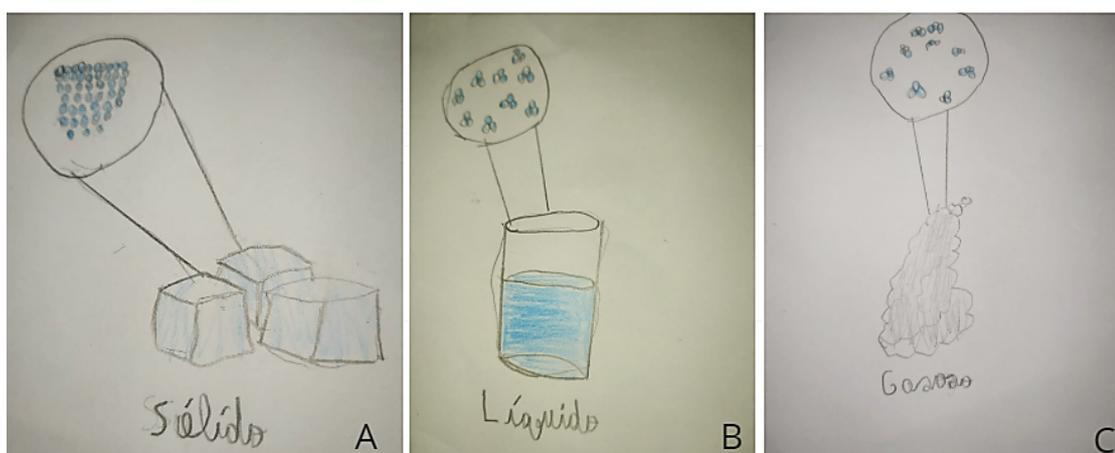
E36: O do meio.

Professora: Por quê?

E36: Porque as partículas estão mais juntas.

Como essa foi a primeira atividade de construção de representações, mesmo após a discussão de todos esses fatores (tamanho, espaçamento, *zoom* etc.), não foi solicitado que os estudantes reelaborassem as representações, de modo a modificar o que eles julgassem necessário. Entretanto, o estudante E15 refez a atividade e alterou suas representações, o que indica que ele ficou refletindo sobre a atividade. A primeira representação dele foi feita no nível macroscópico, como foi mostrado anteriormente na Figura 18, porém, na segunda representação, observamos uma evolução, uma vez que ele considerou o nível submicroscópico, conforme mostrado na figura a seguir:

Figura 26 – Reelaboração da representação dos estados físicos feita pelo estudante E15



Fonte: elaboração dos estudantes, 2020.

Como é possível observar, o estudante não considerou o pontinho, pois, no estado líquido (Figura 26- B) e no gasoso (Figura 26-C), ele optou por desenhar o que seria

uma molécula de água. Apesar disso, entendemos que essa reelaboração mostrou um avanço na compreensão do estudante acerca do papel da representação na comunicação do conhecimento científico.

5.1 Gás é diferente de vapor? Investigando as concepções dos estudantes

Era esperado que, na atividade da aula 02, os estudantes apresentassem dúvidas em relação ao estado físico-gasoso, o que, de fato, ocorreu. Sendo assim, a aula 03 foi construída com a finalidade de aprofundarmos nessa discussão. Registramos 34 respostas no *Google Formulários*, porém foram categorizadas um total de 28 delas, respectivas aos estudantes que preencheram os termos (TALE e TCLE).

A primeira pergunta, em que os estudantes deveriam identificar situações nas quais eles percebiam o vapor, foi possível separar as respostas em duas categorias (ver Quadro 9). Nesse caso, o número de respostas é maior que o número de estudantes, haja vista que há exemplos que são possíveis de ser enquadrados em mais de uma categoria.

Quadro 9 – Categorização dos exemplos apresentados pelos estudantes de situações em que há presença de vapor

Categorias	Subcategorias	Estudantes
Vapor como uma mistura de água líquida + gasosa	Processo de evaporação	E1, E3, E4, E5, E13, E14, E15, E16, E20, E22, E25, E26, E28, E31, E32, E38, E48
	Banho	E4, E6, E8, E15, E18, E21, E22, E24, E28, E29, E31, E32, E38, E43, E46, E48, E50
	Congelador e geladeira	E14, E15, E23
	Na água líquida	E22, E32
	Nuvens	E20
Vapor como água no estado gasoso	Ar	E9
	Balão com ar	E27
	Suor (cheiro)	E41

Fonte: atividades feitas pelos estudantes, 2021.

Na primeira categoria, estão presentes as respostas que exemplificaram o vapor como uma mistura da água condensada mais água no estado gasoso, ou seja, a maioria das respostas associa o vapor como algo visível. É interessante observar,

também, que, em todas as subcategorias, os exemplos dos estudantes envolviam a água. Nesse cenário, identificamos 17 respostas citando o processo de evaporação:

Quando coloco uma panela de água no fogo, e a água evapora. Quando tem uma poça no chão, a água que está lá evapora com ajuda do Sol etc. (E16)

Foram enumeradas outras 17 respostas, as quais reconheceram o vapor durante o banho. Para ilustrar essa subcategoria, destacamos a resposta do estudante E24, que afirma conseguir ver o vapor de água.

Quando eu vou ir tomar banho na água quente, eu vejo um vapor branco. (E24)

Temos, também, 3 respostas em que os estudantes citaram a geladeira e/ou o congelador como exemplo. Nessa situação, eles destacaram a “neblina” que se forma ao abrir o congelador como sendo o vapor. Nesse caso, ao abrir a porta desse eletrodoméstico, o ar frio – com maior densidade – entra em contato com o ar na temperatura ambiente. Sendo assim, ocorre a condensação, formando gotículas de água que são visíveis. Parece que foi a isso que esses estudantes referiram-se, como pode ser percebido na resposta de E23.

Acho que, quando eu abro a geladeira, e sai aquele ar frio. (E23)

Identificamos 2 estudantes que relacionaram o vapor à água líquida, porém não foi considerada a ideia de gotículas de água:

No ar, nas piscinas, no mar, quando faz arroz, ferve água, toma banho etc. (E22)

A resposta do estudante E20, que foi categorizada duas vezes, é o exemplo presente na última subcategoria desse primeiro grupo, sendo que o vapor foi relacionado, também, com as nuvens.

Quando eu olho no céu e vejo as nuvens ou quando faço café e a água está fervendo. (E20)

Na outra categoria – do vapor como água no estado gasoso –, temos uma quantidade menor de respostas que considerou o vapor como sendo água no estado gasoso, ou seja, há uma associação, mesmo que de forma indireta, de que o vapor é invisível. Para ilustrar essas subcategorias, selecionamos as seguintes respostas, respectivamente:

O ar. (E9)

Eu percebo uma presença de vapor no meu dia a dia em um balão cheio de ar. (E27)

No calor percebo o cheiro do meu suor. (E41)

Destacamos a resposta do estudante E41, pois, assim como foi visto no Quadro 6, em que alguns estudantes indicaram que o gás é uma substância que possui cheiro, associamos que a resposta dele poderia indicar o vapor como sendo algo que também possui essa característica.

A segunda pergunta dessa atividade pedia para os estudantes identificarem qual o estado físico do vapor. Nesse momento, somente 2 estudantes (E26 e E38) responderam que o vapor não está no estado físico-gasoso. Isso nos mostra uma contradição em relação às respostas anteriores, pois eles identificaram o vapor como pequenas gotículas de água, logo esperava-se um número maior de respostas indicando isso. Todavia, a maioria dos estudantes apontou nessa questão que o vapor está no estado físico-gasoso. Portanto, acreditamos que eles estão respondendo ao que já havia sido aprendido, sem muita reflexão. Isso também reforça as concepções alternativas em relação ao estado físico-gasoso, que já haviam sido identificadas nas atividades anteriores.

Por fim, a última pergunta feita nessa aula pedia para os estudantes explicarem a diferença entre os termos “gás” e “vapor”. Foi possível agrupar as respostas em três categorias, conforme mostrado na tabela a seguir:

Quadro 10 – Categorização das respostas dos estudantes em relação à diferença entre gás e vapor

Categorias	Subcategorias	Estudantes
São diferentes	Não souberam explicar a diferença	E5, E6, E8, E16, E21, E22, E24, E27, E41
	O gás é invisível, e o vapor não	E18, E29, E38
	Espaçamento das partículas	E20, E26, E50
	Periculosidade	E13, E46
	Temperaturas diferentes	E25, E48
	Temperatura e pressão	E14, E32

	Vapor é resultado de um processo físico	E31
Não são diferentes	Sem diferença	E1, E9, E15, E23, E43
Não sabem	-	E28

Fonte: atividades feitas pelos estudantes, 2021.

A primeira categoria engloba as respostas que afirmaram que gás e vapor são diferentes. Nesse âmbito, uma parcela considerável dos estudantes (32%) não soube explicar a diferença, relatando isso na atividade. Aproximadamente 11% dos estudantes justificaram que o gás é invisível, e o vapor não, entretanto, de acordo com a análise da primeira pergunta (ver Quadro 9), esperávamos uma quantidade maior de respostas nessa subcategoria, visto que o vapor foi muito associado às partículas de água condensada. Tivemos, também, outros três estudantes (11%) que se embasaram no distanciamento das partículas para explicar a diferença entre gás e vapor. Nesse momento, ressaltamos a possível concepção alternativa de que são dois estados físicos diferentes. Além disso, cerca de 7% identificaram o gás como sendo uma substância tóxica, e o vapor não. Outras subcategorias identificadas possuem quatro respostas, que consideraram fatores como temperatura, de forma isolada, e temperatura associada à pressão.

Para representar essa primeira categoria, selecionamos a seguinte resposta:

O vapor é um estado no qual a substância pode facilmente se liquefazer, ou seja, voltar para o estado líquido, apenas se aumentarmos a pressão do sistema ou se abaixarmos a temperatura, separadamente. Já os gases estão em um estado fluido e para mudá-los de estado é necessário usar esses dois processos simultaneamente (aumento da pressão e diminuição da temperatura). (E32)

Percebemos que houve uma estruturação mais completa nessa explicação, que foi além dos conhecimentos exigidos para essa aula. Nesse cenário, o estudante, apesar de ressaltar diferença entre gás e vapor, considera ambos no estado gasoso. Como os estudantes não foram entrevistados, não foi possível afirmar se essa resposta foi de autoria própria ou se foi buscada na internet ou em livros, o que não garante uma reflexão acerca disso, embora essa busca possa ter auxiliado na construção de conhecimentos. Por fim, com apenas 1 resposta (4%), temos uma subcategoria em que as respostas indicam que o gás é uma substância encontrada na natureza, e o vapor é proveniente de um processo físico.

Já na segunda categoria, temos 5 respostas (18%), as quais apontaram que não há diferença entre gás e vapor, pois ambos estão no mesmo estado físico. Para exemplificar essa categoria, selecionamos a resposta a seguir:

Eu acho que não, porque vapor é uma matéria no estado físico gasoso e gás é o estado físico gasoso. (E23)

Na última categoria, há apenas 1 estudante que deixou a questão em branco, portanto inferimos que ele não soube responder.

5.2 Representando os estados físicos em um *spray* desodorante

A aula subsequente (Aula 4) contou com 28 respostas dos estudantes acerca da identificação dos estados físicos no *spray* desodorante, sendo consideradas 26 respostas para análise. A professora conduziu as perguntas durante o vídeo no *Edpuzzle*, de modo a orientar a discussão. A princípio, trabalhamos o sistema que julgamos mais simples, o S1, que delimita o que está dentro do frasco. Em seguida, foi trabalhado o S3, em que o produto não é mais visível, mas é possível sentir o cheiro dele mesmo assim. Por fim, trabalhamos o sistema S2, que julgamos ser mais complexo para os estudantes. Esse sistema engloba o jato do desodorante, ocasionado quando o êmbolo é pressionado. As respostas dos estudantes em relação a esses três sistemas, respectivamente, foram agrupadas conforme mostrado no Quadro 11:

Quadro 11 – Respostas dos estudantes sobre os estados físicos presentes nos sistemas do desodorante (S1, S2 e S3)

Categorias	Estudantes		
	Sistema 1	Sistema 3	Sistema 2
Sólido	E50	E27	E24, E38
Líquido	E3, E14, E15, E16, E20, E21, E23, E25, E28, E29, E31, E36, E38, E41, E43, E46	-	-
Gás	E24, E27	E3, E5, E9, E13, E14, E16, E18, E20, E21, E24, E25, E26, E28, E29, E31, E36, E38, E41, E43, E46, E48, E50	E3, E13, E14, E16, E25, E27, E28, E41, E43, E50

Líquido e gás	E9, E22, E48	E15, E22, E23	E5, E9, E15, E18, E20, E21, E22, E23, E29, E31, E36, E46, E48
Sólido e líquido	E18	-	-
Sólido, líquido e gás	E5, E13, E26	-	E26

Fonte: atividades feitas pelos estudantes, 2021.

No S1, tivemos 16 estudantes (62%) que marcaram a opção “líquido”, sendo essa a resposta correta. Apesar de o frasco poder ter uma quantidade de gás, orientamos os estudantes a considerar o frasco “cheio”, o que indicaria uma grande quantidade de líquido. Porém, outras respostas apareceram, como pode ser percebido no Quadro 11. Acreditamos que, no caso dos 3 estudantes que escolheram a opção “líquido e gás”, não foi levado em conta a orientação anterior, desconsiderando que o recipiente estava cheio. No caso dos que responderam “sólido”, não sabemos as concepções que os estudantes têm, mas existem *sprays* desodorantes que possuem uma bola de metal dentro da embalagem para auxiliar na homogeneização do produto, o que poderia justificar essa opção. Um estudante (E50) marcou apenas a opção “sólido”, e, nesse caso, acreditamos que ele se referia ao recipiente, e não ao conteúdo dentro dele.

Observamos que os estudantes não apresentaram dificuldade para indicar o estado físico presente no sistema 3, visto que 85% marcaram a opção correta, ou seja, o gás. Apenas quatro estudantes não escolheram essa opção. Já no sistema 2, o qual julgamos ser o mais complexo, metade dos estudantes (50%) marcou a opção correta, indicando que há líquido e gás nesse sistema. Entretanto, mesmo com as discussões das aulas anteriores, ainda houve estudantes (39%) que indicaram que esse sistema possuía apenas gás, ressaltando a concepção alternativa de que o gás é algo visível.

Como a aula 04 foi uma preparação para os estudantes construírem as representações das partículas nos três sistemas (S1, S2 e S3), retomamos essa discussão durante a aula 6 (ver Quadro 4), que ocorreu de forma síncrona. Além de alguns estudantes não terem feito a atividade do *spray* desodorante, observamos que, entre aqueles que fizeram, alguns encontraram dificuldades para identificar os estados físicos presentes nos sistemas. Contudo, a discussão foi realizada para que

eles identificassem aquela “fumacinha” como sendo formada pela água em dois estados físicos: as gotículas de água líquida e o vapor ou a água no estado gasoso.

Após essa discussão, foi proposta aos estudantes uma atividade (ver Figura 8) em que eles deveriam representar as partículas nos respectivos sistemas do desodorante e enviar, durante a aula, para a professora. O intuito dessa atividade foi promover um ambiente em que as representações fossem “explicitamente discutidas pelo professor e pelos estudantes” (QUADROS; PENA; BOTELHO, 2020, p. 25), uma vez que seriam selecionadas algumas das representações enviadas para compartilhar para toda a turma, com o intuito de serem comunicadas e negociadas.

Conforme já esperado, ao propor a atividade, alguns estudantes relataram dificuldade em representar as partículas presentes no S2:

E50: Professora, mas como eu vou desenhar as partículas do líquido e do gás junto?

E31: Como que eu vou desenhar o S2?

Professora: Eu que pergunto para vocês, o que tem no S2?

E31: Líquido e gás.

Professora: Isso. Como estão as partículas do líquido e como estão as partículas do gás?

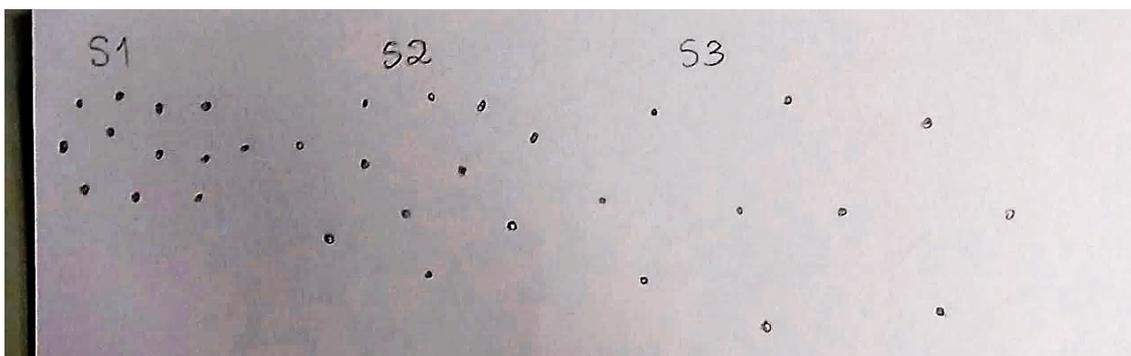
E31: Eu vou fazer então mais separado, mas nem tanto separado, igual no gás.

Professora: Tenta fazer que a gente vai discutir.

É válido ressaltar que o número de representações recebidas durante a aula foi menor do que o número de estudantes que estava presente, visto que alguns deles enfrentaram problemas para enviar o desenho. Isso ocorreu, principalmente, porque a maioria estava assistindo à aula pelo *notebook* e não possuía celular para tirar a foto e enviar instantaneamente no *WhatsApp*. Nesse caso, alguns dos estudantes enviaram os desenhos posteriormente.

Mesmo com esses empecilhos, houve uma participação considerável na elaboração da atividade e nas discussões levantadas pela professora. Durante a aula, trabalhamos com 07 representações, as quais foram selecionadas de acordo com a ordem de recebimento da atividade. Entretanto, para essa pesquisa, selecionamos 04 para analisar, conforme será mostrado a seguir.

Figura 27 – Representação dos sistemas do desodorante construída pelo estudante E26



Fonte: elaboração dos estudantes, 2020.

Ao compartilhar com a turma a primeira representação, a professora-pesquisadora pediu para o estudante E26 explicar para os colegas o que ele havia pensado.

Professora: E26, a gente vai começar com o seu desenho. Explica pra gente o que você fez?

E26: Primeiro eu fiz o líquido. As partículas dele são mais... não, primeiro é o líquido?

Professora: Isso.

E26: Na verdade eu acho que eu fiz meio errado, porque eu fiz muito junto. Finge que está mais separado então. O segundo, o líquido é um pouco separado, mas nem tanto. O gasoso é muito separado, aí eu tentei juntar os dois e ficou assim. E o gasoso ele é muito separado, então fica assim com muito espaço entre as partículas.

Professora: E aí, pessoal, o que vocês acham desse desenho? Vamos analisar, no S1 tem só o líquido, até que a distância ficou legal. No S3 que só tem o gás, eles estão bem mais afastados. E o S2, gente? O que vocês acharam? Qual estado físico vocês acham que está no desenho?

E27: Líquido.

Professora: Não parece que tem só líquido?

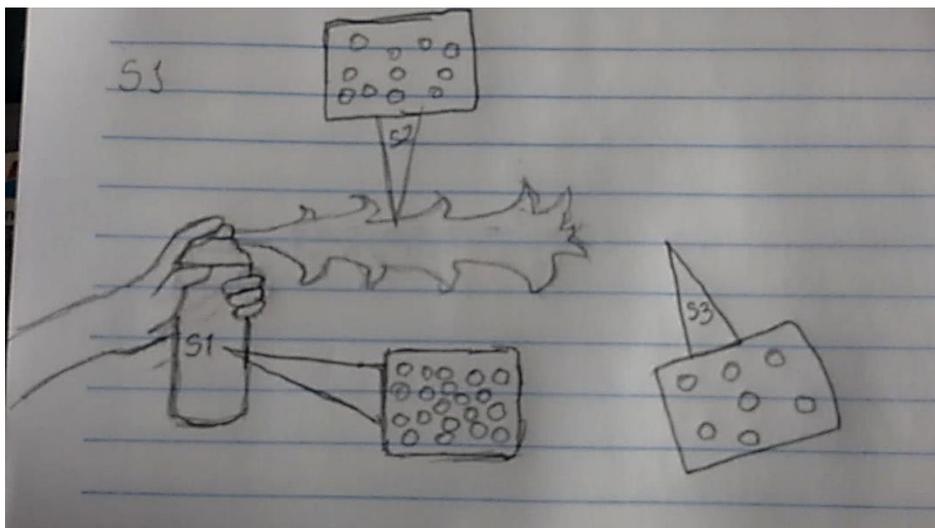
E27: Sim.

Professora: O S2 é mais difícil mesmo, vamos analisar outro desenho.

A partir desse diálogo, é interessante destacar alguns pontos. O primeiro é em relação à importância da comunicação e da negociação pública das representações (TYTLER *et al.*, 2013a), pois, durante a explicação do seu desenho, o estudante E26 identificou uma dúvida e tomou consciência de que havia um problema em sua representação. Além disso, os colegas também puderam participar da negociação dessa representação. O estudante E27, por exemplo, indicou que, no sistema 2, parecia ter apenas líquido, o que não condiz com a proposta da atividade de representar líquido e gás. O segundo ponto é em relação ao S2, que, após a explicação do estudante, entendemos que sua intenção foi representar um estado intermediário entre o líquido e o gás.

Como essa foi a primeira representação analisada com a turma, optamos por não aprofundar tanto na discussão, pois os estudantes estavam começando a entender a dinâmica da atividade. Outra representação selecionada foi elaborada pelo estudante E36:

Figura 28 – Representação dos sistemas do desodorante construída pelo estudante E36



Fonte: elaboração dos estudantes, 2020.

Nesse ponto, destacamos esse exemplo em função da participação dos estudantes durante a negociação da representação, conforme mostrado a seguir:

Professora: Vamos ver esse desenho aqui, que ficou chique. Qual estado físico tem no S1?

E26: Olhando assim parece sólido.

E5: Parece sólido.

Professora: E no S2? Parece que é qual?

E26: Parece que o gasoso com líquido mesmo.

Professora: Por quê?

E26: Porque está mais juntinho e outras mais separadas.

E38: Está um pouco mais separado.

E5: Está junto, mas está separado.

E38: Eu acho que esse aí (S2) é o líquido e o outro, o S3, é o gasoso. Está mais separado.

Professora: Nesse desenho aqui, o que vocês mudariam?

E26: Eu afastaria mais um pouco o S1. Afastaria mais um pouco o S2 e deixaria o S3 como está.

Professora: Só afastar o S2 vai ajudar?

E38: Ou não né, porque a gente pode confundir com o S3, se ficar muito separado.

Professora: Exatamente, como que a gente pode fazer então para representar o S2? Só afastar não vai dar, né? Vamos ver outro desenho?

Além de ser um debate dinâmico, pois o tempo de respostas dos estudantes foi menor, é possível observar que houve opiniões diferentes acerca da representação

mostrada. Citamos o E26, cuja representação já tinha sido compartilhada, que propõe afastar as moléculas do S1 e S2, porém seu colega E38 refuta essa ideia, uma vez que, de acordo com ele, apenas afastar não resolveria o problema. Esse diálogo – e outras evidências apresentadas anteriormente – indicam que, mesmo sendo uma aula *online*, em que há limitações, houve uma interatividade considerável nas atividades propostas.

Evidenciamos, também, outro diálogo que ocorreu quando a quinta representação foi exibida para ser discutida. Até então, todas as representações apresentaram problemas no S2, sendo possível perceber certa angústia dos estudantes, pois eles queriam saber qual era, afinal, a “forma correta”.

Professora: E agora, gente? A aula está quase acabando, como que a gente pode desenhar líquido e gás? O que vocês mudariam nesse?

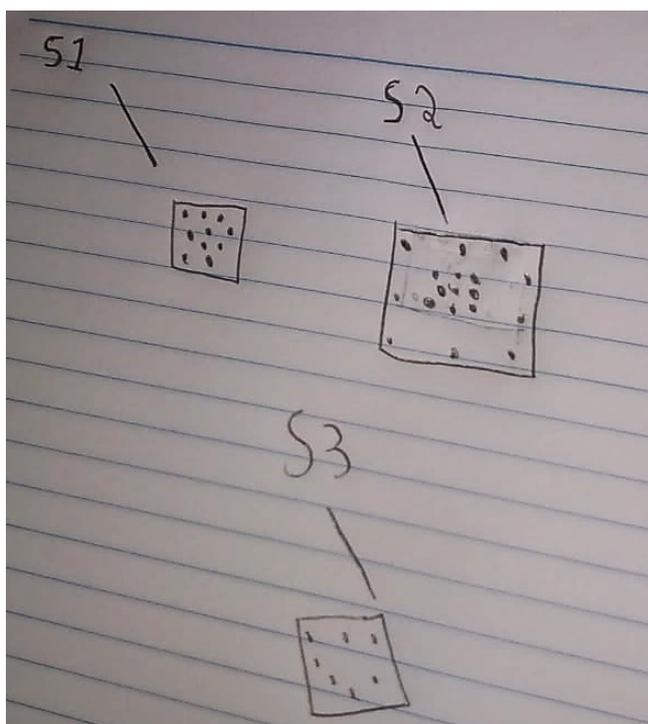
E36: Alguém acertou, professora?

E31: Quem foi que acertou, professora?

E5: Mostra de quem acertou.

Nas duas últimas representações discutidas com a turma, foi possível perceber a presença de dois estados físicos no S2. Nesse contexto, temos o desenho elaborado pelo estudante E27:

Figura 29 – Representação dos sistemas do desodorante construída pelo estudante E27



Fonte: elaboração dos estudantes, 2020.

Nesse exemplo, no S2 o E27 já tentava representar os dois estados físicos, ao formar um agrupamento de partículas que estariam no estado líquido e partículas espalhadas ao redor, que estariam no estado gasoso. A seguir, temos a discussão referente a essa representação:

Professora: O que tem no S1?

E36: Líquido.

Professora: É, parece que tem o líquido. Tá um pouco afastado... e o S3? Tá mais ou menos afastado do que o S1?

E41: Mais.

Professora: Então, qual estado físico que tem no S3?

E36: Gasoso.

Professora: Isso aí, e o S2? Me conta.

E36: Esse aí ficou legal, porque parece que as partículas mais juntas ficaram no meio e as do gás ficaram em volta.

E27: É isso que eu tentei fazer.

Professora: Então você está me contando que no S2 a gente tem o quê? Quais estados físicos a gente tem aqui?

E48 e E38: Líquido e gasoso.

Professora: Olha só, aqui no meio... Essas (partículas) que estão mais próximas a gente pode falar que é o líquido, comparando com o S1. E essas mais afastadas, ao redor do líquido, estão em qual estado?

Estudantes (vários): Gasoso.

Professora: O que vocês acharam desse aqui, vocês mudariam alguma coisa?

Estudantes (vários): Não.

Professora: Nadinha?

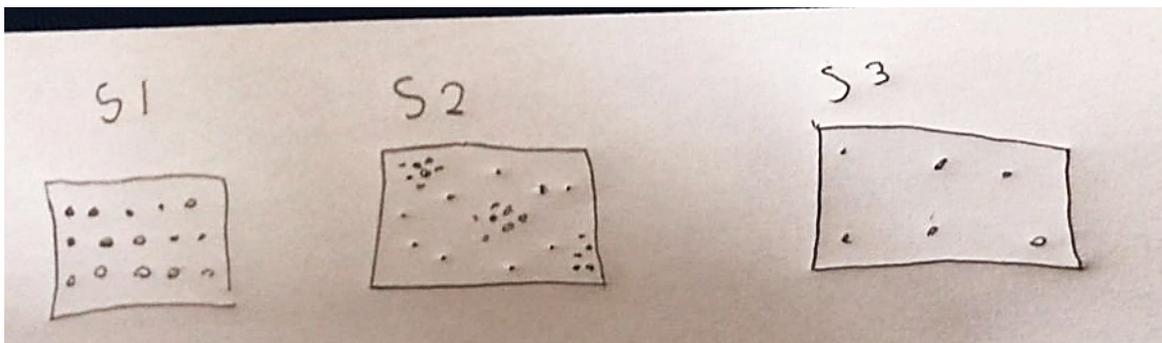
E26: Eu deixaria um pouco mais afastado no S1 e no S3 também. Porque no 1 eu lembrei de sólido.

E48: Eu também.

É possível perceber que, durante esse debate, os estudantes reconheceram que o desenho feito por E27 é uma boa representação. Para mais, foram propostas melhorias pelos colegas, de modo a aproximar essa representação da representação canônica trabalhada no decorrer das aulas.

Por fim, a última representação elaborada pelo estudante E7 também foi considerada mais adequada, em se tratando do S2 (ver Figura 30).

Figura 30 – Representação dos sistemas do desodorante construída pelo estudante E7



Fonte: elaboração dos estudantes, 2020.

Para essa discussão, a professora solicitou que o estudante responsável pelo desenho comunicasse para a turma o seu raciocínio durante a construção da representação:

Professora: Eu vou colocar uma última imagem aqui, teve gente que mandou mais, só que não vai dar tempo de ver. Essa quem mandou foi você, E7. Você pode explicar o que você fez?

E7: No S1 eu coloquei elas (partículas) um pouco juntas. No S3 eu coloquei mais afastadas e no S2 eu misturei.

Professora: Como você fez essa mistura, o que você pensou?

E7: Eu pensei em colocar um montinho de... junto. E em volta dele separado.

Professora: E esse junto significa o quê?

E7: Significa o líquido. E o separadinho significa o gasoso.

Professora: O que vocês acham, gente? Da representação do E7?

E38: Muito top.

E36: Parecem que eles estão em grupos.

Professora: Vocês mudariam alguma coisa nesse desenho?

E36: Não, acho que eu deixaria assim.

Professora: Mais alguém?

(silêncio)

Professora: Olha que interessante a representação do E7 e do E27. Eles fizeram o líquido um pouquinho separado, o gás mais separado ainda... e o S2, que tem líquido e gás, eles fizeram partes com o líquido e o gás em volta. Que provavelmente é o que acontece no *spray*. Por que, quando a gente aperta o *spray*, o líquido não cai? O *spray* é como se fosse uma neblina, vocês já viram neblina?

Estudantes (vários): Sim.

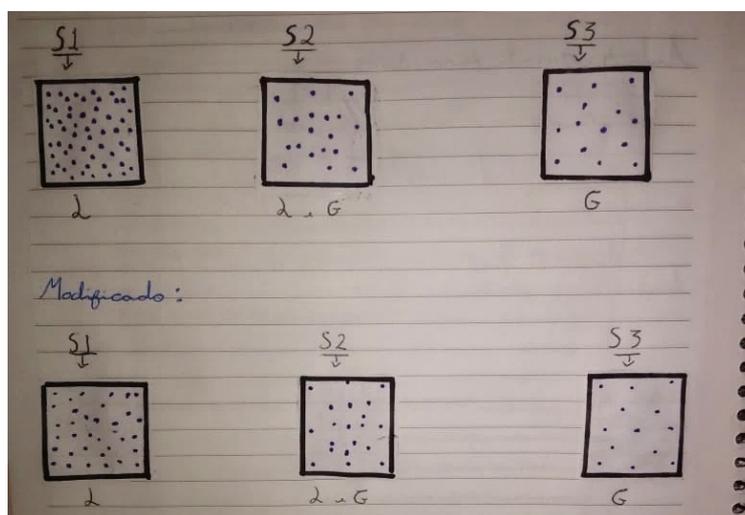
Nesse caso, o estudante revela que, para a construção do S2, seu raciocínio foi “misturar” os dois estados físicos, porém, diferentemente do que observamos na representação apresentada na Figura 27 e na Figura 28, nas quais a presença de dois estados físicos foi representada como um estado físico intermediário. Nas representações de E27 e E7, foi considerada a organização espacial das partículas, de modo que é possível observar a presença de dois estados físicos no S2. Notamos, também, que, quando a professora perguntou se alguém faria alguma

alteração no desenho, nenhum estudante prontificou-se, indicando que essa também foi considerada uma boa representação pela turma.

O restante da aula foi destinado à discussão da neblina, mas não consideramos as transcrições relevantes para essa pesquisa. Contudo, um fato interessante ocorreu no final da aula. Faltando alguns minutos para a professora encerrar a videochamada, alguns estudantes que não conseguiram enviar as representações na hora da discussão pediram para abrir a câmera e mostrar suas representações. A professora permitiu que eles compartilhassem seus desenhos com a turma, entretanto, em função do tempo, eles não foram discutidos como os anteriores.

De um modo geral, contabilizando todas as representações, recebidas durante e após a aula, tivemos um total de 24 estudantes que realizaram a atividade, sendo que foram consideradas para análise 20 representações, respeitando as questões éticas da pesquisa. Desse total, 5 estudantes (o que equivale a 25%) conseguiram representar dois estados físicos no S2. Por fim, como atividade final dessa aula, a professora solicitou que os estudantes que não estivessem satisfeitos com as representações elaboradas poderiam reelaborá-las e enviá-las posteriormente, via *WhatsApp*. Nesse contexto, apenas dois estudantes (E23 e E50) sentiram a necessidade de modificar suas representações, sendo estas alterações discutidas a seguir:

Figura 31 – Representação reelaborada pelo estudante E23

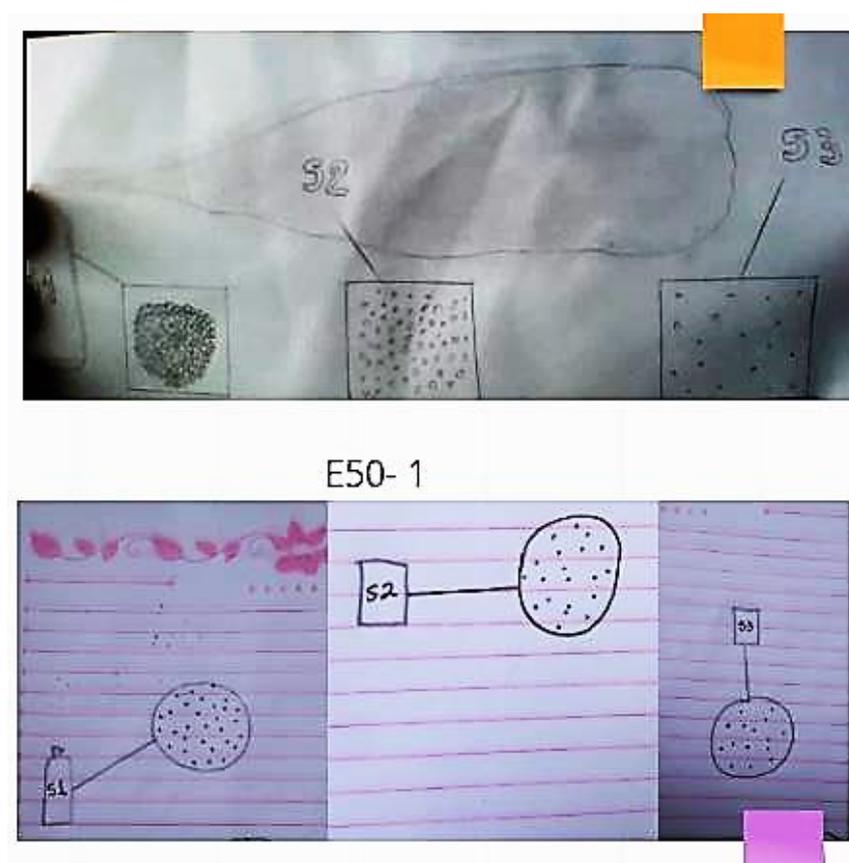


Fonte: elaboração dos estudantes, 2020.

Nesse primeiro caso, podemos observar que, na representação reelaborada, o estudante afastou as partículas no S1 e S3, sendo que, no S2, notamos, de forma bem sutil, que há um conglomerado de partículas concentrado no centro do quadrado e algumas partículas mais afastadas ao redor dele. Apesar de não ter uma competência representacional bem desenvolvida, E23 apresentou indícios de ter entendido que dois estados físicos diferentes precisam ser representados de forma diferente, para que essa representação possa ser entendida por quem a analisar. Portanto, a reelaboração oportunizou que o estudante aproximasse sua representação da representação canônica.

O estudante E50 também apresentou evoluções ao reelaborar a representação, visto que houve uma mudança na forma de representar as partículas (ver Figura 32).

Figura 32 – Representação reelaborada pelo estudante E50



Fonte: elaboração dos estudantes, 2020.

Nesse outro caso, a primeira representação foi enviada durante a aula, sendo que a reelaboração, contendo as modificações, está apresentada no segundo desenho.

Observa-se que, no primeiro desenho, o estudante fez partículas diferentes em cada estado físico. No S1, por exemplo, as partículas são bolinhas não preenchidas; já no S2 e S3, foram utilizados pontinhos, além de o distanciamento não estar adequado. Ao reelaborar o desenho, o estudante utilizou apenas pontinhos, o que já nos mostra uma evolução em relação à primeira representação. Além disso, chamamos atenção para as mudanças no espaçamento das partículas, o que fica mais evidente no S1. Na primeira representação, aparentemente, temos o estado físico sólido; já na reelaboração, as partículas foram espaçadas, de modo que já é possível identificar o estado líquido. Mesmo que o estudante não tenha conseguido representar os dois estados físicos no S2, ressaltamos a evolução no desenho reelaborado.

Para tanto, chamou nossa atenção a baixa adesão dos estudantes nessa proposta de reelaboração, visto que, de 20, apenas 2 realizaram essa atividade. Encontramos no trabalho de Valle (2014), que pesquisa movimentos epistêmicos na construção de argumentos, uma dificuldade dos estudantes na reelaboração das suas justificativas. A pesquisadora defende que isso pode ser um reflexo das aulas, uma vez que há um tempo maior destinado à comunicação e à negociação do que foi apresentado pelos outros colegas, de modo que eles não elaboram justificativas para sustentar suas próprias escolhas. Acreditamos que isso poderia ter sido mais bem explorado, de modo a destinar um momento da aula para cada estudante refletir, de forma individual, sobre sua própria representação e, em seguida, promover interações discursivas entre a turma. Porém, não tínhamos esse tempo disponível para tal.

Para concluir essa parte da análise, retomaremos as interações discursivas proporcionadas na aula síncrona. De acordo com Ko e Krist (2009), a agência epistêmica não é uma característica individual, mas sim de um grupo que progride, juntos, em relação a um objeto de conhecimento comum. Ela é “visível nas negociações conjuntas dos participantes em interações que são consequentes à construção colaborativa de um objeto de conhecimento compartilhado” (KO; KRIST, 2019, p. 4, tradução nossa)³⁴. Considerando isso, podemos afirmar que oportunizar um ambiente em que os estudantes pudessem comunicar/justificar as representações e participar de um processo de negociação, com a orientação da professora, possibilitou a agência epistêmica dos estudantes, tendo em vista que

³⁴ “[...] visible in participants’ joint negotiations in interactions that are consequential to the collaborative construction of a shared knowledge object”. (KO; KRIST, 2019, p. 4)

houve indícios de construção de conhecimento, ao entrarem em consenso com relação à representação mais adequada para os três sistemas tratados. Foi a discussão acerca das representações construídas pelos colegas, ocorrida na aula 6, que promoveu uma interação verbal mais dinâmica entre os sujeitos que estavam presentes na videochamada. Isso é uma forte evidência de que, mesmo em aulas remotas, podemos estimular os estudantes a agir com agência epistêmica a partir do uso das representações multimodais.

CAPÍTULO 6 - TRANSIÇÃO ENTRE OS MODOS DE REPRESENTAÇÃO: A PREPARAÇÃO A PARTIR DE FENÔMENOS DE VOLATILIDADE E SOLUBILIDADE

Neste capítulo, apresentaremos a continuidade da análise das aulas da sequência didática, porém nossa investigação agora está voltada para a capacidade dos estudantes de alternar entre modos de representação. De acordo com Prain e Tytler (2013), é necessário que os estudantes aprendam a transitar entre esses diferentes modos, e isso pode ser proporcionado a partir de atividades autênticas, inseridas dentro de abordagens que se utilizam de representações multimodais. Esses pesquisadores afirmam que isso possibilita o desenvolvimento de práticas de raciocínio na Ciência, já que o envolvimento do estudante, juntamente com a integração de múltiplos modos de representação, pode incentivá-lo a externalizar seu conhecimento acerca dos conceitos e dos fenômenos trabalhados em sala de aula, podendo acarretar um aumento da aprendizagem.

Portanto, as aulas 7, 8 e 9 foram construídas para oportunizar essa transição entre modos representacionais bidimensionais para tridimensionais, de forma que essas atividades estavam alinhadas com conceitos da química, como “solubilidade” e “volatilidade”. É válido pontuar que os estudantes não representaram essas propriedades físicas em si, pois isso possui um determinado grau de complexidade e exigiria deles conteúdos com os quais ainda não trabalharam. No entanto, para

elaborar as representações propostas, julgamos importante introduzi-los nesses conceitos.

De um modo mais geral, a aula 7 foi uma preparação para a construção de representações nas aulas subsequentes, porque, além de serem trabalhados os conceitos de solubilidade e volatilidade, também ocorreu o primeiro contato dos estudantes com a fórmula estrutural plana de algumas substâncias. Já na aula 8, tivemos uma atividade em que os estudantes deviam construir um desenho a partir da leitura de um texto, ou seja, era necessário considerar as informações presentes nele para conseguir elaborar o desenho e, assim, transitar entre esses diferentes modos representacionais citados. Para isso, era importante saber os conceitos trabalhados na aula anterior. Por fim, na aula 9, propusemos uma atividade em que o estudante devesse construir uma molécula em 3D a partir da fórmula estrutural plana em 2D (que foi trabalhada na aula 7).

Também será discutido, neste capítulo, dados relativos à aula de fechamento da sequência didática, mais especificamente a aula 10. Nessa aula, além de fornecer um *feedback* para os estudantes, também foi oportunizado um espaço para eles comentarem o que acharam das aulas. Aproveitamos esse momento para questionar, de forma mais direta, qual o entendimento que eles tinham sobre o papel das representações no Ensino de Ciências.

6.1 Preparando a transição: estudo da volatilidade e da solubilidade

A aula 7, cujo tema foi “Por que a acetona remove o esmalte, e água não remove?”, contou com a participação de 26 estudantes, sendo consideradas as respostas de 25 deles que preencheram os termos. Eles assistiram a uma videoaula no *Edpuzzle* contendo um experimento com o esmalte e responderam às perguntas apresentadas no vídeo. Como mencionado no capítulo do percurso metodológico, essa aula teve como objetivo trabalhar os conceitos de volatilidade e solubilidade, sendo que, nesse último, utilizamos as fórmulas estruturais de linha da propanona (acetona), da água e da nitrocelulose (componente presente em maior quantidade no esmalte), com o intuito de mostrar semelhanças e diferenças nas estruturas, em termos de composição química. Porém, por se tratar de estudantes do 7º ano, provavelmente seria o primeiro contato na disciplina com fórmulas estruturais. Portanto, para iniciar

a discussão, optamos por escolher uma estrutura menos complexa, sendo assim selecionamos a molécula do etano. A partir dessa representação, a professora explicou brevemente no vídeo sobre as ligações químicas, que são representadas por traços na estrutura, de modo que cada traço equivale a uma ligação.

Foram realizadas 13 perguntas no decorrer dessa videoaula, sendo que, para essa análise, selecionamos os dados de 6 perguntas, relativas às fórmulas estruturais planas apresentadas, sendo elas:

1. *(Questão 5) - Quais os átomos presentes na estrutura do etano?*
2. *(Questão 7) - Quais os átomos presentes na estrutura da água?*
3. *(Questão 8) - Quais os átomos presentes na estrutura da propanona?*
4. *(Questão 6) - Observe a fórmula estrutural plana do etano. Quantas ligações cada átomo de carbono realiza?*
5. *(Questão 9) - Observe a fórmula estrutural plana da acetona. Quantas ligações cada átomo de carbono realiza?*
6. *(Questão 12) - Por que a acetona remove o esmalte, e a água não remove?*

Julgamos que explorar essas perguntas seria promissor para nossa pesquisa, pois elas envolvem a interpretação dos estudantes acerca das representações apresentadas para eles durante o vídeo. Por isso, iremos aprofundar nossa análise em cada uma delas, a seguir.

Ao observarem a fórmula estrutural plana do etano, que foi apresentada na videoaula, os estudantes tinham de identificar, na questão 5, quais os átomos presentes nela. Era esperada certa dificuldade em analisar esse tipo de representação, pois, conforme mencionado, esse conteúdo não tinha sido trabalhado ainda. No entanto, a maioria dos estudantes (67%) conseguiu identificar que a estrutura do etano é formada por carbono e hidrogênio. O restante (33%) não soube responder ou apresentou uma resposta incorreta, como, por exemplo, o estudante E38, que indicou que havia, na estrutura, “hidrogênio e gás carbônico”. Após responder à pergunta, o estudante era conduzido para uma explicação da professora acerca da questão, sendo assim eles tinham um *feedback* e tomavam ciência da resposta correta.

Essa mesma dinâmica foi repetida para outras duas perguntas (7 e 8), porém envolvendo a fórmula molecular da água e da propanona (acetona). Nesses casos, tivemos um acerto de 92% e 72%, respectivamente, o que nos mostra que os estudantes apresentaram mais dificuldade quando se deparavam com hidrocarbonetos. Contudo, ambas as questões tiveram um maior percentual de acertos em relação ao exercício do etano, discutido anteriormente.

Acreditamos ser válido ressaltar a questão 6, que pedia para os estudantes identificarem, na fórmula estrutural do etano, quantas ligações cada átomo de carbono realiza. As respostas dessa questão estão sintetizadas no Quadro 12:

Quadro 12 – Respostas dos estudantes identificando o número de ligações de cada átomo de carbono do etano

Número de ligações do carbono	Quantidade de estudantes	Porcentagem
4 ligações	11	44%
7 ligações	6	24%
3 ligações	4	16%
6 ligações	2	8%
Outros	2	8%

Fonte: atividades feitas pelos estudantes, 2021.

É possível observar que a maioria dos estudantes (44%) apontou a resposta correta, o que é um número considerável, visto que esse conteúdo é totalmente novo para o 7º ano do EF. No entanto, outras respostas emergiram, sendo que 24% apontaram 7 ligações. Nesse cenário, inferimos que os estudantes consideraram o número total de ligações da molécula do etano. Os estudantes que apontaram 3 e 6 ligações podem ter considerado apenas as ligações que o carbono está realizando com o hidrogênio, ou seja, a ligação entre os carbonos foi desprezada. Sendo assim, no primeiro caso, é possível que cada carbono da estrutura foi considerado, e, no segundo caso, ambos os carbonos foram ponderados, de modo a realizar uma somatória nas ligações. Por fim, na categoria “outros”, tivemos respostas que não foram relevantes, indicando que esses estudantes provavelmente não entenderam a questão.

Essa pergunta foi repetida na questão 9, porém com a fórmula estrutural da propanona. As respostas foram agrupadas, conforme mostrado no quadro a seguir:

Quadro 13 – Respostas dos estudantes identificando o número de ligações de cada átomo de carbono da propanona

Número de ligações do carbono	Quantidade de estudantes	Porcentagem
4 ligações	13	52%
2 ligações	6	24%
3 ligações	4	16%
1 ligação	2	8%

Fonte: atividades feitas pelos estudantes, 2021.

Era esperado que os estudantes apresentassem dúvidas em função da dupla ligação presente na molécula, no entanto observamos uma porcentagem de acertos de 52%, um valor considerável, principalmente em comparação com os dados apresentados no Quadro 12, em que, na mesma pergunta, mas com uma molécula mais simples, tivemos uma porcentagem de acerto de 44%.

No caso das outras respostas, não é possível saber exatamente a justificativa dos estudantes que apontaram um número de ligações diferente de 4, entretanto inferimos que aqueles que apontaram 2 ligações (24%) podem ter considerado apenas as ligações simples que o carbono realiza. Os estudantes que apontaram 3 ligações (16%) podem ter considerado a ligação dupla como sendo uma única ligação. Tivemos também uma minoria que indicou que o carbono realiza apenas 1 ligação (8%), nesse caso pensamos que eles não entenderam a pergunta.

A professora chamou a atenção dos estudantes durante a videoaula para o átomo de carbono, que, independentemente da molécula apresentada, sempre está realizando 4 ligações. Após terem analisado a fórmula estrutural plana da água, da propanona e da nitrocelulose, foi questionado, na pergunta 12, o motivo de o esmalte ser removido pela acetona, e não ser removido pela água. Nesse contexto, obtivemos as seguintes explicações:

Quadro 14 – Explicação dos estudantes sobre o porquê de o esmalte ser removido pela acetona, e não ser removido pela água

Categorias	Subcategorias	Estudantes
Considera a fórmula estrutural plana	Possui carbono (esmalte e cetona possuem carbono)	E3, E5, E15, E21, E22, E23, E25, E29, E31, E41, E43, E46, E48
	Quantidade química	E18, E26, E27, E28

	Força/polaridade	E4, E16, E20
	Acetona tem coisas em comum com o esmalte	E14, E16
Não considera a fórmula estrutural plana	Acetona é um solvente	E4, E9, E20, E26, E50
	Acetona e água são substâncias diferentes	E13
	Não soube explicar	E38

Fonte: atividades feitas pelos estudantes, 2021.

As respostas dos estudantes foram agrupadas em 2 categorias, sendo que, em uma delas, foram consideradas, na justificativa, as representações apresentadas durante a videoaula. Já na outra categoria, as fórmulas estruturais planas não foram consideradas na resposta. Com isso, tivemos 7 subcategorias, sendo possível que uma mesma resposta esteja enquadrada em mais de uma delas. Nesse último caso, notamos que os estudantes E4, E20 e E26 buscaram explicações que se enquadravam em ambas as categorias.

Observamos que a maioria dos estudantes justificou a solubilidade do esmalte na acetona analisando a fórmula estrutural plana, uma vez que existem semelhanças, sendo uma delas a presença de carbono na estrutura. Para exemplificar essa categoria, evidenciamos a resposta do estudante E5:

Porque a acetona possui carbono e a água não. (E5)

É interessante evidenciar que alguns estudantes explicaram a solubilidade a partir da polaridade das moléculas, conteúdo que não foi trabalhado na videoaula e que, provavelmente, eles ainda não haviam visto. Destacamos a seguinte resposta:

O esmalte, como é um solvente forte, ele acaba deixando a unha bem ressecada e esbranquiçada. ... Desta forma, não podemos dissolver um composto orgânico apolar em um solvente polar. Por isso não podemos utilizar nesse caso a água ou o álcool como solventes. (E4)

Não podemos afirmar, nesse caso, se esses estudantes já possuíam um conhecimento prévio ou se buscaram a resposta em outras fontes, pois não foi oportunizado a eles explicar melhor suas respostas. Independentemente disso, para falar sobre polaridade, é necessário considerar a fórmula estrutural de uma molécula, sendo assim agrupamos essas respostas na primeira categoria apresentada.

A segunda categoria engloba as respostas em que os estudantes não consideraram as representações apresentadas durante a videoaula, sendo que grande parte dos estudantes justificou que a acetona remove o esmalte por ser um solvente, conforme observado na quinta subcategoria.

Porque a acetona é um solvente. (E9)

Contudo, conforme pode ser observado na resposta do estudante E9 e nas demais respostas que foram enquadradas nessa subcategoria, em nenhum momento, esses estudantes exploraram a fórmula estrutural da acetona ou das outras substâncias apresentadas durante o vídeo. Até mesmo na resposta do estudante E13, que argumentou existir diferenças entre a acetona e a água, não houve qualquer referência à estrutura química de cada uma delas.

Porque a água é uma substância natural e a acetona é uma substância química. (E13)

No caso de E13, é possível verificar, ainda, concepções alternativas em torno do que seja uma substância química, pois ele classifica as substâncias ou como naturais ou como químicas, o que subentende que substâncias naturais não são químicas. Essa concepção, apesar de não ter sido explorada nas aulas que foram objeto de investigação, precisa ser retomada em sala de aula, em todos os momentos em que ela for identificada.

Os dados apresentados mostram-nos que trabalhar com as representações pode ter favorecido o entendimento dos estudantes acerca do conceito de solubilidade, o que está alinhado com a pesquisa de Sandoval *et al.* (2000), que notaram que os estudantes tinham uma maior capacidade de explicar um conceito mais complexo quando raciocinavam com o aporte de representações. Lembrando que esse contato dos estudantes com as representações deve ser oportunizado pelo professor, sendo interessante inovar no uso dessas ferramentas visuais, principalmente para auxiliar na interpretação de propriedades químicas (HÖST; SCHÖNBORN; PALMERIUS, 2012).

6.2 A química dos cheiros: representando moléculas odoríferas

Prosseguindo na sequência didática, na aula 8, também assíncrona, trabalhamos com um texto cujo título era “Por que sentimos cheiros?”. Nesse material, disponibilizado em PDF, foram abordadas duas condições necessárias para moléculas serem consideradas odoríferas, sendo elas a volatilidade e a solubilidade em água (RETONDO; FARIA, 2014). Juntamente com esse arquivo, foi enviado um *Google Formulários* com três perguntas referentes ao texto (ver capítulo de metodologia). Nessa aula, recebemos um total de 23 respostas, sendo que 19 serão discutidas a seguir.

A primeira pergunta teve como intuito aproximar os estudantes do tema abordado. Sendo assim, foi pedido para eles identificarem um cheiro que, na concepção deles, fosse marcante de alguma forma, sendo necessário justificar a escolha. Observamos que essa foi uma dinâmica interessante na contextualização, principalmente pelo fato de os estudantes trazerem nas respostas cheiros que fazem parte do cotidiano deles. Como exemplo, citamos estes dois casos:

Álcool em gel. O álcool em gel é marcante para mim, porque nesse momento de pandemia nós temos que higienizar as mãos antes de comer, depois de sair na rua etc. Sempre que eu passo eu gosto de ficar cheirando. (E5)

Lembro do cheiro do café, pois todo dia de tarde tomo uma xícara de café e sei que está pronto pelo cheiro. (E46)

Tratava-se de uma questão que visava inserir os estudantes no assunto e, portanto, não tinha como objetivo alguma aprendizagem específica. Elaboramos a segunda questão com o intuito de chamar a atenção dos estudantes para as informações que estavam no texto. Ao longo do texto, estava explicado que, para sentir o aroma mencionado na questão anterior, as moléculas das substâncias precisavam satisfazer duas condições. À vista disso, os estudantes deveriam citar quais condições são essas e explicar o porquê de elas serem importantes.

Identificamos três categorias durante a análise das respostas, sendo que a primeira engloba as explicações que estão corretas e completas, ou seja, que citaram a solubilidade e a volatilidade e explicaram a importância dessas condições. Nessa categoria, tivemos um total de 10 respostas, o que corresponde a 53% dos estudantes. Para exemplificar, destacamos a explicação do estudante E26:

Para a gente sentir cheiro essas moléculas precisam ser voláteis, pois é dessa forma que as moléculas conseguem chegar na cavidade nasal. Outra condição é que as moléculas tenham uma pequena solubilidade em água. Isso é importante, pois o muco que reveste a região olfativa do nariz é uma solução aquosa de proteínas e carboidratos. (E26)

A segunda categoria, que possui 7 respostas (37%), abrange as respostas que não consideraram as informações do texto, ou seja, os estudantes recorreram a outras justificativas, muitas vezes relacionadas a conteúdos trabalhados anteriormente, mas que não são explicações adequadas. Nesse caso, temos como exemplo a seguinte resposta:

Elas devem estar nas condições climáticas e de estado físico. (E21)

Por fim, na terceira e última categoria, com 2 respostas (10%), estão agrupadas as explicações incompletas, ou seja, que mencionaram apenas uma das condições.

A primeira condição é que essas moléculas sejam voláteis e a outra não achei no texto. (E41)

Como fechamento da aula 8, a terceira e última questão proposta no *Google Formulários* foi uma atividade de construção de representações, em que foi solicitado que os estudantes considerassem as moléculas odoríferas como sendo partículas e desenhassem o deslocamento delas em uma situação na qual uma pessoa sentisse o cheiro de uma flor. Nessa atividade, recebemos um total de 19 representações, que foram agrupadas em duas categorias, conforme mostrado a seguir:

Quadro 15 – Categorização das representações construídas pelos estudantes

Categorias	Estudantes
Partículas com trajetória definida	E3, E4, E9, E15, E21, E25, E26, E27, E28, E29, E31, E41, E46, E50
Partículas espalhadas	E14, E16, E23, E28, E38, E43

Fonte: atividades feitas pelos estudantes, 2021.

Essas duas categorias emergiram na análise, pois observamos uma tendência dos estudantes em definir uma trajetória específica das partículas, que vão da flor até o nariz. A maioria dos estudantes (70%) construiu representações que se enquadram nessa primeira categoria, conforme exemplificado no desenho a seguir:

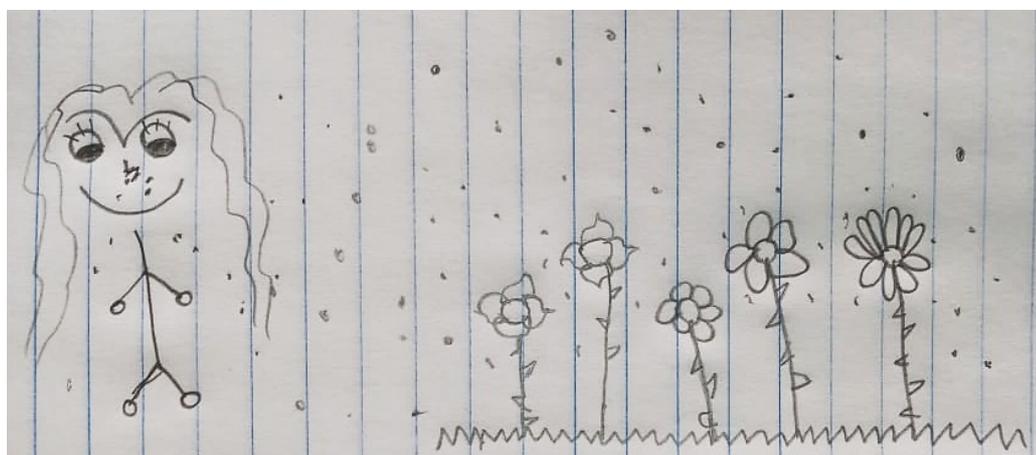
Figura 33 – Representação do deslocamento das partículas construída pelo estudante E27



Fonte: atividades feitas pelos estudantes, 2020.

Sabemos que cientificamente não é isso que acontece, uma vez que as partículas odoríferas espalham-se no ar. Por isso, aquelas que entram em contato com a mucosa nasal podem estimular as células sensoriais e, como consequência, gerar um impulso nervoso, que será interpretado pelo cérebro, promovendo a sensação do respectivo aroma (RETONDO; FARIA, 2014). O restante dos estudantes (30%) considerou isso para elaborar a representação, sendo assim a segunda categoria agrupou essas representações em que as partículas foram dispersas no ar, sendo que apenas algumas delas entram em contato com o nariz do personagem, o que foi representado de forma sutil, porém perceptível (ver Figura 34).

Figura 34 – Representação do deslocamento das partículas construída pelo estudante E16



Fonte: atividades feitas pelos estudantes, 2020.

Chamamos atenção para a representação do estudante E28, a qual é a única que se encaixa em ambas as categorias mencionadas. Isso ocorreu porque, além de desenhar as partículas espalhadas no ar, é possível notar uma trajetória bem definida das partículas, que vão diretamente das flores até o nariz do personagem (ver Figura 35).

Figura 35 – Representação do deslocamento das partículas construída pelo estudante E28



Fonte: atividades feitas pelos estudantes, 2021.

Como uma porcentagem considerável de estudantes representou as partículas em uma trajetória definida, retomamos essa atividade na aula 10 (conforme explicado na metodologia – ver Quadro 5), que ocorreu de forma síncrona. Em função da interação em tempo real, acreditamos que seria mais viável investigar as concepções dos estudantes acerca do assunto e se eles utilizaram a representação como um meio de organizar o próprio pensamento.

A professora lembrou o texto trabalhado na aula 8 e iniciou essa aula questionando se todas as moléculas são odoríferas, conforme mostrado na transcrição a seguir:

Professora: Toda molécula é odorífera?

E31: Acho que sim.

E41: Não.

E8: Sim.

E3: Não.

E50: Não.

E26: Eu acho que não.

Professora: Nem toda molécula é odorífera. Como a gente viu no texto, para ela ser odorífera, ela precisa satisfazer duas condições: quais são elas?

E5: Elas têm que ser voláteis e têm que ter solubilidade na água.

Professora: Isso mesmo, então as moléculas precisam ser voláteis. O que é ser volátil mesmo? Eu esqueci...

E13: Uma coisa que volta?

E26: Uma coisa que evapora fácil?

E5: São substâncias que evaporam mais fácil.

Professora: Boa! São substâncias que têm facilidade de evaporar. Vocês lembram que a gente fez o experimento com acetona? Quando a gente abre o frasco de acetona, a gente sente o cheiro na hora, porque ela é muito volátil [...].

E18: A sujeira é volátil?

Professora: A gente sente o cheiro da sujeira?

E40, E5, E26: Não.

E14: Lixo normalmente é, né?

Professora: Quando lixo entra em decomposição, esse processo gera odores desagradáveis, então sim, tem moléculas odoríferas lá.

Destacamos, nesse diálogo, a fala dos estudantes E18 e E14, que trazem exemplos que transcendem a temática de cosméticos, questionando sobre a poeira e o lixo. Acreditamos que isso é um indício de que eles estão envolvidos na discussão levantada.

O conceito de solubilidade também foi retomado pela professora, que, após a discussão das substâncias odoríferas, conduziu a aula para as representações que foram construídas pelos estudantes na aula 8. Foram selecionadas e compartilhadas com a turma 4 representações, com o intuito de promover um ambiente de negociação no qual tivemos uma discussão dividida em dois tópicos principais, sendo eles i) O “caminho” das partículas e ii) A distância da flor.

i) O “caminho” das partículas

Para discutir as concepções dos estudantes acerca da trajetória das partículas, a professora compartilhou com a turma o seguinte *slide*:

Figura 36 – Slide compartilhado com a turma contendo a representação do estudante E27



Fonte: elaborado pelas autoras, 2020.

Um fragmento da discussão envolvendo o questionamento presente no *slide* foi transcrito a seguir:

Professora: Observem esse desenho. Os pontinhos são as partículas, que estão representando as moléculas odoríferas. Vocês acham que essas moléculas só vão na direção do nariz?

Estudantes: Não.

Professora: Por quê? Então como que é?

E26: Eu acho que elas se espalham no ar.

E41: Eu também.

Professora: Então, pensando nessa representação aqui, que tem um caminho... muita gente fez assim, o que vocês mudariam nessa representação?

E38: Colocaria mais moléculas.

E31: Mais partículas também.

Professora: Mais partículas espalhadas?

Estudantes (vários): Sim.

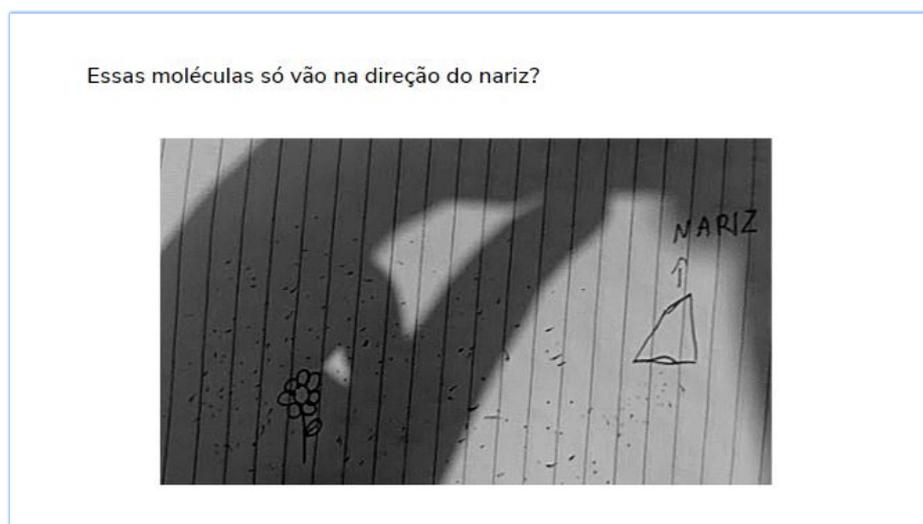
Professora: Fica essa observação, pessoal! Se vocês sabem que as partículas não vão em um caminho específico, na hora de representar tem que mostrar isso. Representar é um processo difícil, e a gente tem que ficar atento, porque pela representação nós comunicamos aquilo que estamos pensando.

Com esse diálogo, algumas suspeitas que tínhamos em relação à representação foram esclarecidas. Grande parte dos estudantes respondeu que as partículas não vão apenas a uma direção específica, o que não condiz com as representações construídas na aula 8 (ver Quadro 15). Para demonstrar isso de forma mais clara, ressaltamos as falas dos estudantes E26 e E41, que afirmaram que as partículas espalham-se no ar. Entretanto, ao observar as representações construídas por esses mesmos estudantes, que, por coincidência, foram usadas como exemplo na

discussão seguinte (ver Figura 37), ambos representaram uma trajetória bem definida. Trabalhar com abordagens que utilizam as representações multimodais vai além de uma opção pedagógica, pois ela possibilita o envolvimento do estudante com a construção do conhecimento, uma vez ele pode interpretar o que pensa e externalizar isso por meio de uma representação (PRAIN; TYTLER; PETERSON, 2009). Contudo, assim como no trabalho de Quadros *et al.* (2020), observamos que as representações, na maioria dos casos, não são valorizadas como um meio para coordenar o próprio pensamento. Isso reforça a necessidade de utilizar essas abordagens cada vez mais na educação básica e encorajar os estudantes a desenvolver a competência de representar como forma de comunicação e de organização das próprias ideias.

Para fechar esse primeiro tópico, a professora compartilhou outro *slide* contendo o desenho do estudante E38, com o intuito de mostrar que é possível representar o que a turma estava propondo.

Figura 37 – Slide compartilhado com a turma contendo a representação construída pelo estudante E38



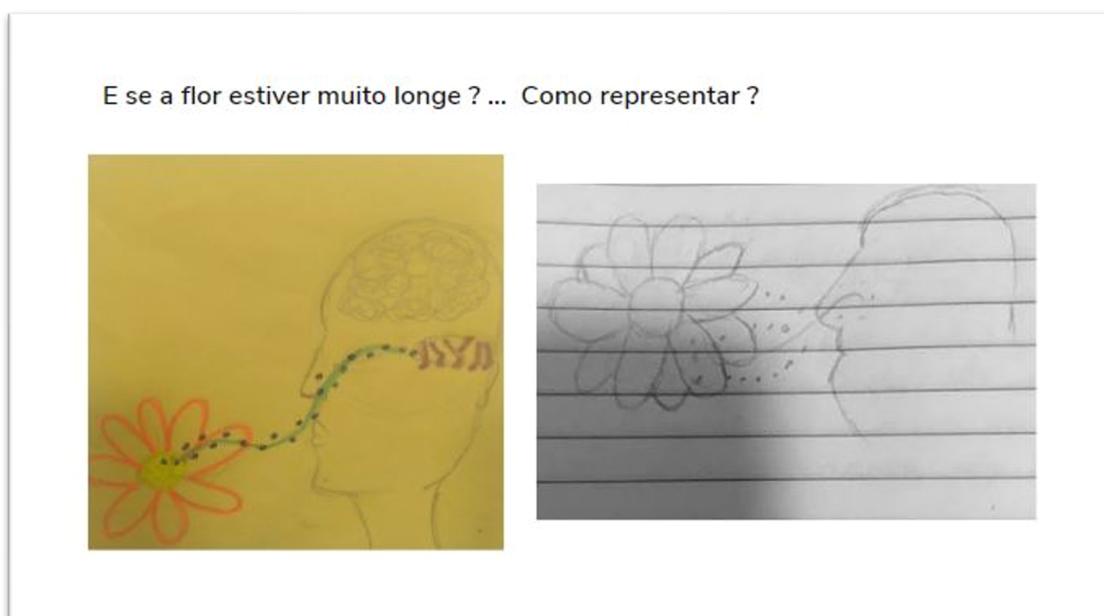
Fonte: elaborado pelas autoras, 2020.

Foi destacado, nessa representação, o fato de as partículas estarem espalhadas ao redor da flor, sendo que apenas algumas entraram em contato com o nariz. Após essa discussão, foi questionado se havia alguma dúvida, e, como os estudantes falaram que não, prosseguimos para o próximo tópico.

ii) A distância da flor

Observamos que, em alguns desenhos construídos na aula 8, a flor estava muito próxima do nariz do personagem, como exemplificado nas representações que compõem outro *slide* compartilhado com a turma (ver Figura 38).

Figura 38 – Slide compartilhado com a turma contendo as representações construídas pelos estudantes E26 e E41, respectivamente



Fonte: elaborado pelas autoras, 2020.

Nesse contexto, a professora questionou se é possível sentir o cheiro mesmo não estando próximo da flor, como pode ser observado na transcrição a seguir:

Professora: Muitas pessoas fizeram a representação como se a flor estivesse pertinho. Agora, a minha pergunta para vocês é: e se a flor estivesse muito longe? A gente consegue sentir o cheiro de coisas que estão mais longe?

E26: Não.

E15: Eu acho que sim.

E13: Depende.

E31: Eu acho que de comida sim.

E21: Acho que só cheiro de coisa boa.

E3: Eu acho que sim, porque as partículas vão estar se espalhando. Então, com certeza algumas podem chegar no seu nariz.

Professora: Muito bem, alguém até deu um exemplo clássico aqui. Já aconteceu de vocês estarem passando de carro na rua, ou a pé mesmo, na hora do almoço [...] e aí você consegue sentir o cheiro da comida que o pessoal está fazendo em casa?

E26: Sempre acontece!

E3: Já.

Professora: Então, a gente consegue sentir o cheiro de longe, não consegue?

Estudantes: Sim.

Professora: Como que isso acontece?

E31: Com as partículas se espalhando.

Professora: Isso mesmo, elas vão se espalhar (mostra representação E38), mas elas possuem um grau de alcance. Igual no canteiro da flor, quando você passa pelo canteiro, você sente o cheiro, mas se você continuar andando vai chegar em um ponto que você não vai sentir mais. Como que isso é possível?

E26: Eu acho que é porque o ar leva elas.

Professora: O ar leva elas. O que vocês acham disso? Concordam ou discordam? (Estudantes concordam)

Professora: Mas eu ainda tenho uma dúvida. Como que o ar pode levar elas? O que acontece que ele consegue empurrar essas partículas?

E13: Pelo vento.

Com esse diálogo, foi possível identificar que um dos estudantes (E21) associou que só é possível sentir cheiro de longe apenas se forem odores agradáveis. Isso não foi evidenciado no diálogo, porém a professora retomou essa fala, citando o lixo – que foi um exemplo levantado anteriormente – para mostrar que também é possível sentir cheiros desagradáveis de longe.

Após essa discussão, aparentemente a turma entrou em consenso em relação à possibilidade de sentir cheiros de longe, uma vez que as partículas não são estacionárias. Esse diálogo com a turma mostrou-se um tanto quanto promissor, pois, mesmo o processo de sentir cheiros não sendo ainda muito conhecido cientificamente, a discussão rendeu boas considerações. Acreditamos que trabalhar a nível submicroscópico com estudantes do 7º ano é um desafio, mas foi possível notar que, além de envolverem-se na discussão, um colega ia complementando a fala do outro até a turma entrar em acordo em relação a uma explicação para o questionamento da professora.

Como fechamento dessa discussão, a professora retomou, novamente, as representações, conforme mostrado a seguir:

Professora: Tem como representar se a flor estiver muito longe?

Estudantes (vários): Sim.

Professora: Como vocês representariam isso, então? Se a pessoa estivesse mais longe da flor?

E13: Eu acho que eu representaria alguma coisa levando o cheiro, tipo vento.

E50: É, eu também. E espalharia as partículas no desenho.

Nesse diálogo, podemos observar um processo de reconstrução de representações, mesmo que isso tenha ocorrido apenas verbalmente. Uma vez que os estudantes perceberam que algumas representações propostas não estão adequadas, é importante que o docente forneça um espaço em que eles reflitam sobre como

melhorar aquilo que foi feito. Considerando isso, a aula 10, ao retomar o que havia sido feito nas aulas 7 e 8, também promoveu um ambiente dinâmico que oportunizou o diálogo e permitiu que o estudante envolvesse-se na aula, o que nos mostra que eles estão agindo com agência epistêmica durante a negociação das representações compartilhadas com a turma, visando entender eventuais problemas nos desenhos e propondo alternativas para reelaboração (KO; KRIST, 2019).

Infelizmente, não foi solicitado que os estudantes reelaborassem essas representações em vista de alguns motivos específicos, sendo destacado como principal o fator tempo. O final da sequência didática coincidiu com o término de uma etapa da instituição. Por essa ser a última aula da sequência didática, o professor-regente teria de fechar o diário de notas, tendo um prazo curto para fazer isso. Portanto, não seria viável, em função do tempo, propor essa atividade para os estudantes, uma vez que não seria possível realizar uma discussão e um fechamento acerca disso. No entanto, ressaltamos aqui a importância de oportunizar essa reelaboração, pois é uma atividade importante para promover movimentos epistêmicos na sala de aula e para verificar se a aprendizagem está ocorrendo (SILVA, 2015).

6.3 Construindo uma molécula: transitando entre uma representação bidimensional para uma representação tridimensional

Dando continuidade na sequência didática, na aula 9, que também ocorreu de forma assíncrona, o principal objetivo foi promover uma atividade em que os estudantes transitassem de uma representação na dimensão bidimensional (2D) para uma dimensão tridimensional (3D). As representações construídas pelos estudantes foram enviadas para a professora, sendo que foram recebidas 19 representações. Todavia, foi possível analisar apenas 17, respeitando os estudantes que preencheram os termos TALE e TCLE.

Conforme explicado no capítulo 4 de metodologia, os estudantes poderiam escolher, entre as opções apresentadas, qual tecnologia educacional utilizar para construir as moléculas propostas. Essa relação é apresentada a seguir:

Quadro 16 – Tecnologia educacional escolhida pelos estudantes para construção das moléculas em 3D

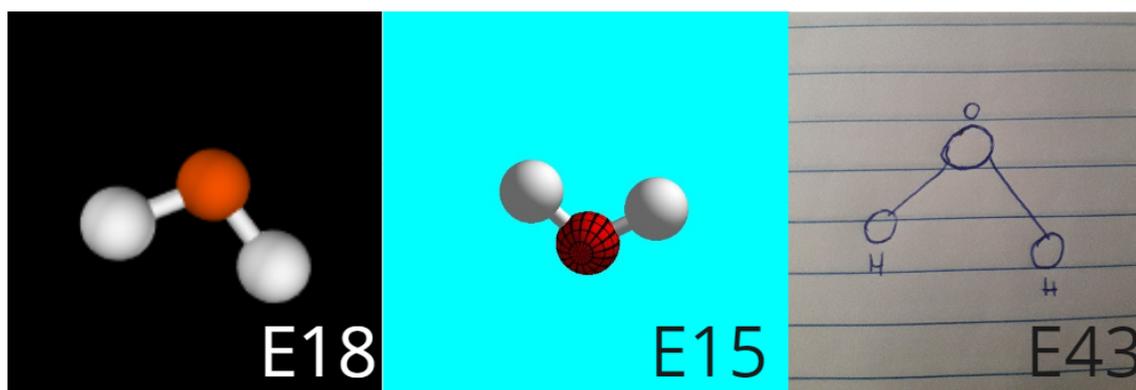
Site/aplicativo escolhido	Quantidade de estudantes
<i>Phet</i>	8
<i>Molecular Constructor</i>	7
Folha de papel	2

Fonte: atividades feitas pelos estudantes, 2021.

O site *Phet* foi o mais usado nessa atividade, representando a opção de 47% dos estudantes. Já esperávamos isso, pois o professor-regente tinha informado que grande parte dos estudantes assistia às aulas pelo computador ou pelo *notebook*, o que tornava mais simples acessar os sites sugeridos. Contudo, uma parcela considerável dos estudantes (41%) preferiu realizar a atividade via aplicativo, nesse caso usando um dispositivo móvel, como celular ou *tablet*. Por fim, 2 estudantes enviaram as representações por desenho, pois, mesmo assistindo aos tutoriais, eles alegaram possuir dificuldade na construção da molécula a partir desses recursos. Isso nos mostra a importância de utilizar estratégias que aumentem a acessibilidade dos estudantes, não apenas no ensino remoto, mas em outras modalidades de ensino também, visando aumentar a participação de todos nas aulas. Além disso, esse dado também nos mostra que a alfabetização tecnológica precisa ser objeto da nossa atenção, pois os estudantes podem apresentar dificuldade com os recursos digitais.

A primeira questão contida no *Google Formulários* mostrava a fórmula estrutural plana da água e pedia para os estudantes anexarem a representação construída da estrutura dessa mesma substância em 3D, conforme exemplificado a seguir:

Figura 39 – Exemplos da molécula de água construída no *Phet*, *Molecular Constructor* e desenhada, respectivamente

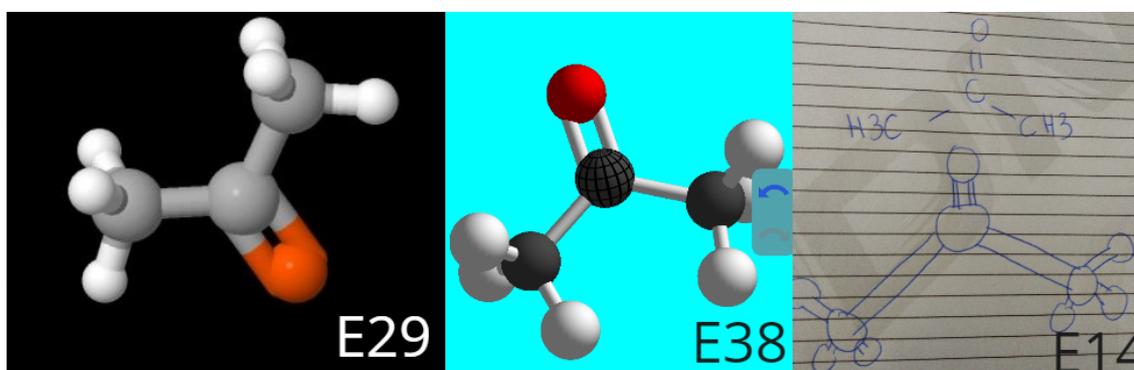


Fonte: atividades feitas pelos estudantes, 2020.

Notamos, nessa questão, que todos os estudantes conseguiram construir a molécula de água, então inferimos que eles não tiveram grandes dificuldades para essa transição entre diferentes modos. No caso dos estudantes que desenharam, por mais que não houve a transição proposta, uma vez que a representação construída está em 2D, vimos, nos desenhos analisados, que houve uma tentativa de representar em 3D.

Diferentemente do caso da molécula de água, na segunda questão, a qual solicitava a construção da molécula de propanona, alguns estudantes apresentaram dificuldades. Isso já era esperado em vista do grau de complexidade da molécula, que, além de se tratar de um hidrocarboneto, também possuía na estrutura a presença de uma ligação dupla que já havia sido tratada na aula 7. Apesar dessa dificuldade, a maioria dos estudantes (65%) conseguiu construir a representação em 3D da propanona, conforme mostrado em alguns exemplos a seguir:

Figura 40 – Exemplos da molécula de água construída no *Phet*, *Molecular Constructor* e desenhada, respectivamente



Fonte: atividades feitas pelos estudantes, 2021.

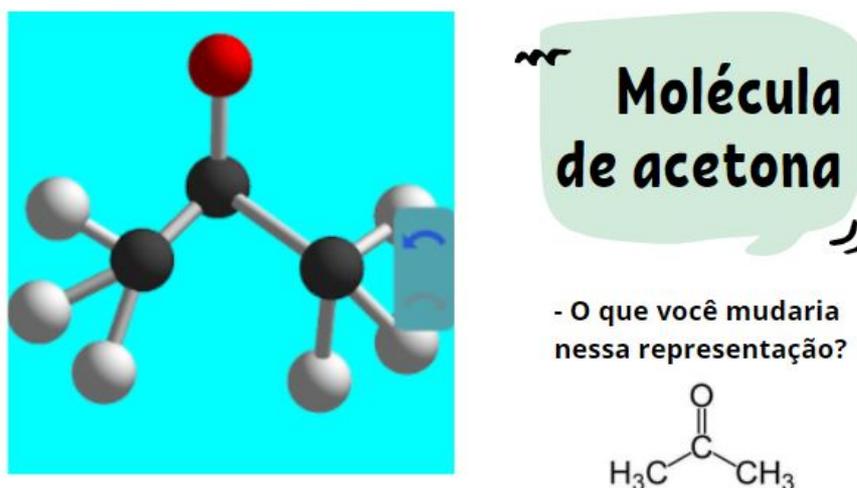
Observamos que 5 estudantes, o equivalente a 29%, não construíram a molécula com a dupla ligação, e apenas 1 estudante não conseguiu montar a estrutura, pois ligou o oxigênio no carbono 1 da molécula.

Tanto o *Phet* quanto o *Molecular Constructor* possibilitavam um *feedback* para os estudantes, pois, quando a molécula era construída corretamente, aparecia, de forma automática, o nome da substância e informações como a fórmula molecular

condensada e a massa molar. Portanto, era possível saber quando havia algo errado na estrutura, sendo permitido reelaborar a representação construída. Como essa aula não ocorreu de forma síncrona, não conseguimos ter um acompanhamento e uma relação dos estudantes que reelaboraram a representação. No entanto, ressaltamos a importância de promover essa etapa na abordagem que se utiliza de representações multimodais (TYTLER *et al.*, 2013a).

Mesmo com um número considerável de acertos na construção das moléculas, julgamos que seria interessante retomar algumas dúvidas na aula 10. Então, foi separado um tempo de aula (ver Quadro 5) para discutir dois exemplos de moléculas de propanona construídas pelos estudantes, as quais apresentavam discrepâncias em relação à fórmula estrutural plana. Nesse contexto, discutimos, no primeiro caso, a ausência da ligação dupla e, no segundo caso, a ausência de todos os hidrogênios na molécula. Em ambas as discussões, a professora compartilhou um *slide* que continha a representação construída e, ao lado, a fórmula estrutural plana que foi apresentada na atividade da aula 9, conforme mostrado a seguir:

Figura 41 – Slide compartilhado com a turma para discutir sobre a ausência da ligação dupla na molécula de propanona



Fonte: atividades feitas pelos estudantes, 2020.

A professora pediu para os estudantes observarem ambas as estruturas e questionou se eles mudariam algo na representação, conforme mostrado na transcrição a seguir:

Professora: Teve um pessoal que me mandou a representação desse jeito. Vocês acham que está correta? Vocês mudariam alguma coisa?

E27: Tá faltando os dois traços.

Professora: Isso, e o que esses dois traços significam?

E5: Que é uma ligação dupla.

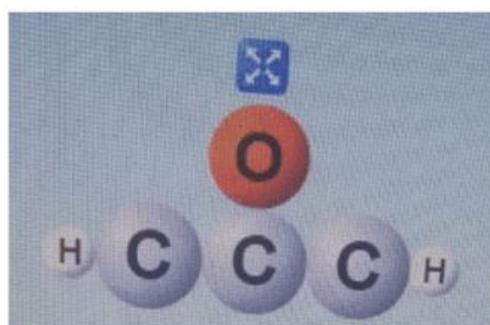
Professora: Exato, mas aqui (aponta para o desenho) a gente só tem um traço, que simboliza que é uma ligação simples. Mas a gente sabe que é uma ligação dupla.

E26: Eu acho que esse é o meu, mas eu esqueci mesmo.

A partir desse diálogo, percebemos que esse momento da aula oportunizou que os estudantes refletissem acerca das representações dos colegas, bem como das suas próprias representações. Observamos isso na fala do E26, pois, mesmo a professora não citando de quem era aquela representação, o estudante reconheceu que a molécula que ele mesmo construiu não estava adequada. Após essa discussão, a professora chamou a atenção, novamente, sobre o cuidado necessário na hora de construir uma representação.

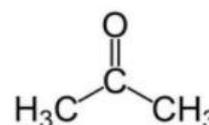
A segunda representação compartilhada com a turma continha apenas 2 hidrogênios na estrutura. Ela foi enviada na aula 9 pelo estudante E41, no entanto o próprio estudante reconheceu que algo estava errado e reenviou outra foto da estrutura logo em seguida, com as devidas correções. Consideramos na análise a última representação enviada, mas compartilhamos a primeira representação com a turma com o intuito de promover um ambiente de negociação. Nesse caso, o estudante optou por fazer a atividade no *Phet*, sendo que a foto enviada não foi da molécula em 3D.

Figura 42 – Slide compartilhado com a turma para discutir sobre o número de hidrogênios na molécula de propanona



Molécula de acetona

- O que você mudaria nessa representação?



Fonte: atividades feitas pelos estudantes, 2020.

Essa discussão seguiu a mesma proposta do *slide* anterior; a professora apresentou a representação e questionou se os estudantes mudariam algo na estrutura, como mostrado na transcrição a seguir:

Professora: Teve outra pessoa que mandou essa representação aqui (mostra o desenho) O que vocês acham? Vocês mudariam alguma coisa?

Estudantes (vários): Sim.

Professora: O quê?

E50: Sim, está faltando dois hidrogênios de cada lado.

Professora: Isso mesmo, são 3 hidrogênios em cada carbono. Nesse desenho, a pessoa só colocou um, então está faltando dois de cada lado.

Ao final dessa retomada da aula 9, a professora perguntou se os estudantes possuíam alguma dúvida, mas não houve manifestação. Foram mostrados, então, alguns exemplos de representações construídas tanto no *Phet* quanto no *Molecular Constructor* que estavam de acordo com a fórmula estrutural plana da água e da propanona.

A partir dos diálogos apresentados, acreditamos que ter realizado essa retomada da atividade em uma aula síncrona foi algo promissor, pois, em ambos os casos, os estudantes conseguiram facilmente identificar o que havia de errado nas representações apresentadas. Isso é um indício de que eles conseguiram transitar, nesse caso, de uma representação bidimensional para uma representação em 3D, habilidade que é essencial para a aprendizagem de Ciências e que não é desenvolvida de forma natural, sendo necessária orientação do docente (PRAIN; WALDRIP, 2006; ZOMPERO; LABURÚ, 2010).

6.4 As representações na percepção dos estudantes e as contribuições da disciplina

Para o fechamento da sequência didática, usamos a segunda parte da aula 10 para uma reflexão acerca da importância das representações. Para isso, foi enviado, durante a aula, um *link* de um *Google Formulários* que também continha perguntas referentes à avaliação da disciplina. Portanto, nossa análise contemplará apenas as respostas do formulário que julgamos relevantes para a discussão.

Essa aula ocorreu de forma síncrona, sendo contabilizada a presença de 36 estudantes no *Google Meet*, no entanto, conforme explicado na metodologia, utilizamos apenas os dados daqueles que preencheram o TALE e o TCLE. Mesmo com uma presença considerável dos estudantes, notamos que eles não estavam muito participativos nessa aula. O professor-regente havia comentado que eles estavam cansados em função do término de uma etapa da instituição, que demandava a elaboração de atividades de outras disciplinas, o que pode ter ocasionado uma diminuição na participação dos encontros virtuais.

No final da aula, a professora enviou, no *chat* do *Google Meet*, o *link* para os estudantes responderem ao formulário de avaliação da disciplina, o qual continha três tópicos principais, apresentando perguntas relativas à disciplina, ao estudante e à prática da professora, sendo que esse último não foi explorado na análise. Entendemos que essa proposta de atividade possui um caráter subjetivo, tendo como objetivo uma reflexão acerca da sequência didática construída e da prática da professora. Então, apenas alguns dados foram selecionados de modo a complementar a pesquisa, pois julgamos ser mais relevante investigar as representações construídas pelos estudantes e as discussões que ocorreram durante a aula.

Recebemos um total de 28 respostas, sendo analisadas 25, respectivas aos estudantes que preencheram o TALE e TCLE. Dessa quantidade considerada, 12 estudantes fizeram e enviaram a atividade durante a aula, e o restante enviou-a posteriormente.

Desde a proposta da sequência didática, uma preocupação que nós, pesquisadoras, tínhamos era com relação ao grau de dificuldade do conteúdo proposto, pois o professor-regente relatou que era um conhecimento bem além do que ele já havia trabalhado com a turma. Nesse contexto, ressaltamos no formulário a questão 4, que perguntava o grau de dificuldade da disciplina. Para nossa surpresa, 57% dos estudantes mencionaram que foi uma disciplina “fácil”, e ninguém marcou que a disciplina foi muito difícil. Isso foi evidenciado também no decorrer da sequência didática, visto que os estudantes deram conta de realizar as atividades propostas, e as discussões destacadas durante a análise mostraram que houve um entendimento acerca dos conceitos propostos.

Outra questão que pode auxiliar no entendimento do significado das representações foi a questão 5, que perguntava “Por que é importante usar as representações na Ciência?”. Mesmo essa pergunta tendo sido feita anteriormente na aula, pensamos que seria interessante repeti-la no formulário, visando oportunizar àqueles estudantes que não participaram da discussão também compartilhar o que pensavam a respeito. Para melhor visualização dos resultados, agrupamos as respostas em categorias, mostradas no quadro a seguir:

Quadro 17 – Concepções dos estudantes sobre a importância das representações na Ciência

Categorias	Estudantes	Exemplos
Auxiliam, facilitam, simplificam o entendimento	E1, E3, E5, E6, E9, E14, E20, E21, E23, E24, E26, E28, E29, E31, E38, E43, E46	E13: "Para mim, nós temos que entender mais sobre como montar as representações para entender mais essa área da ciência, mesmo que não vamos utilizar isso agora, lá na frente iremos precisar dessas informações" E15: "As representações deixam todo o aprendizado mais simples e mais dinâmico"
Estudo da química	E15, E16, E18, E25, E27, E50	E16: "Porque nos ajuda a identificar as partículas que contêm os cosméticos e produtos"
Memorização	E8	E39: "Pra gravar os formatos na cabeça"
Não responderam	E13	-

Fonte: atividades feitas pelos estudantes, 2021.

A maioria dos estudantes (68%) afirmou que compreende as representações como algo que facilitará o entendimento sobre determinado assunto. Acreditamos que esse é um resultado promissor, pois entender as representações como aliadas no processo de aprendizagem é um passo importante para a valorização delas. Observamos que 24% dos estudantes justificaram que a importância das representações está relacionada à identificação de moléculas/partículas. Sandoval e Millwood (2007) argumentam que perguntar diretamente a opinião dos estudantes sobre questões que envolvem epistemologia da Ciência é problemático, porque, muitas vezes, suas respostas estão orientadas para a disciplina, ou seja, eles não afirmam o que realmente acreditam sobre o assunto. É possível perceber essa tendência nessa categoria apresentada, uma vez que as respostas foram relacionadas diretamente com o estudo da química. Por fim, tivemos duas categorias

com apenas 1 resposta cada, sendo que a primeira relaciona as representações à memorização (4%), e a última categoria envolve o estudante E13, que não soube responder (4%).

De fato, não podemos afirmar se esses pensamentos deles são legítimos, embora eles soubessem que não seriam avaliados pelas suas respostas.

Entender o papel das representações é um processo que pode ser construído ao longo de toda a educação básica e, certamente, não será suficiente uma sequência de 10 aulas. No entanto, é um processo que precisa iniciar, e, ancoradas nos dados que obtivemos, argumentamos que ele deve começar o mais cedo possível para que o estudante possa desenvolver suas competências representacionais.

Para concluir nossa análise acerca das respostas dos estudantes, destacamos a questão 7 do formulário, em que foi perguntado o que mais havia marcado o estudante durante a disciplina. As respostas foram agrupadas, conforme mostrado a seguir:

Quadro 18 – Opinião dos estudantes sobre o que mais marcou durante a sequência de aulas

Categorias	Estudantes	Exemplo
Experimentos	E6, E13, E16, E18, E20, E23, E24, E26, E27, E31, E38, E43, E46, E50	E23: "Todos os experimentos que tiveram eu gostei bastante, mas o que eu mais gostei foi o do gel"
Construção de representações	E3, E5, E8, E15, E21	E3: "Eu gostei muito das moléculas em 3D"
Aulas no geral	E1, E14, E25, E28, E29	E1: "A nossa primeira aula, porque foi o início de toda a nossa jornada juntos"
Não respondeu	E9	-

Fonte: atividades feitas pelos estudantes, 2021.

Ressaltamos aqui o fato de 56% dos estudantes mencionarem que os experimentos marcaram durante a sequência didática. Acreditamos que esse dado é relevante pelo fato de todos os experimentos terem ocorrido de forma assíncrona, utilizando a plataforma do *Edpuzzle* como suporte. Alguns estudantes mencionaram, inclusive, que gostaram desse recurso, pois as perguntas apareceram durante a exibição do vídeo. Existia uma preocupação inicial com a maioria das aulas sendo assíncronas,

no entanto percebemos, durante a sequência, que houve uma participação considerável dos estudantes com as atividades propostas nesse formato de aula. Com isso, argumentamos que é possível propor atividades que envolvam os estudantes no contexto do ensino remoto.

É interessante destacar também que 20% dos estudantes ressaltaram que a construção de representações foi marcante durante a sequência didática. Nesse caso, observamos nas repostas um destaque, principalmente, para as moléculas em 3D. Acreditamos que esse é um número considerável para um primeiro contato da turma com uma abordagem mais específica que se utiliza de representações. Pena (2021) argumenta, em sua pesquisa, sobre a importância de trabalhar no Ensino de Ciências com o “como” os conceitos são significados pelos estudantes em vez de focar na transmissão desses conceitos. A abordagem que se utiliza de representações multimodais oportuniza que o estudante considere e organize seu pensamento, traduzindo isso para um tipo de representação, que pode ou não ter inconsistências, sendo necessário oferecer outra oportunidade para reelaborar sua compreensão sobre aquele determinado assunto (WALDRIP; PRAIN; CAROLAN, 2010).

Ao trabalhar com representações multimodais, o estudante tem a possibilidade de perceber, ao longo do tempo, aspectos relativos à prática científica, principalmente o fato de que os cientistas explicam fenômenos usando “entidades” que não podem ser vistas – as partículas, por exemplo –, mas que auxiliam no entendimento daquele fenômeno. Para explorar melhor isso, retomamos o exemplo citado por Gooding (2010), o qual mostra a construção de uma representação canônica de um artrópode nunca visto, a partir da imagem de um fóssil. Além disso, essa é uma abordagem que promove uma valorização das representações no Ensino de Ciências, o que pode aproximar o estudante de uma prática semelhante à prática científica, possibilitando atividades mais autênticas.

CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS: O QUE FOI POSSÍVEL APRENDER COM A PESQUISA?

Esta pesquisa foi proposta com o objetivo de investigar as representações multimodais como ferramenta epistêmica em aulas remotas do Ensino Fundamental e o envolvimento dos estudantes com a Ciência ao fazer uso dessas representações. Portanto, nosso grande interesse foi explorar as representações multimodais como ferramenta epistêmica, mas, para isso, seria necessário um olhar sensível para as interações discursivas que ocorrem na sala de aula, visto que, em trabalhos de cunho epistemológico, tem sido considerado necessário analisar como os sujeitos constroem o conhecimento e negociam-no por meio dessas interações (CASTANHEIRA; WYATT-SMITH, 2001).

No entanto, a pandemia provocada pelo novo coronavírus exigiu mudanças no planejamento. O contexto fez com que a humanidade ficasse diante de um grande desafio, que envolvia sua própria sobrevivência, e, para isso, ações de isolamento social foram necessárias, com comércios e escolas fechados, gerando medo por não saber o que viria pela frente. E, mais do que nunca, foi depositada uma grande expectativa na Ciência, visando à criação de vacinas que imunizassem as pessoas com urgência. Com a implantação do Ensino Remoto Emergencial, tivemos oportunidade de continuar a pesquisa proposta, no entanto foram levantados questionamentos que, a princípio, não tinham sido considerados: é possível trabalhar com uma abordagem de representações multimodais em aulas remotas? Como promover e investigar as interações discursivas em uma sala de aula virtual? Como seria a participação dos estudantes nesse tipo de aula? Como é possível realizar uma pesquisa envolvendo questões epistemológicas e a multimodalidade a partir do meio digital, que poderia gerar limitações na comunicação? Aventuramos nesta pesquisa sem responder a essas perguntas, mas determinadas a tentar uma investigação nesse novo contexto da educação.

Considerando o contexto pandêmico, reformulamos nosso planejamento visando atender ao objetivo da pesquisa. Sendo assim, propusemos 4 questões de pesquisa, às quais tentaremos responder a partir da análise que fizemos dos dados.

a) Como é o envolvimento dos estudantes com a Ciência escolar ao participarem de um processo de construção, comunicação, negociação e reelaboração de representações em aulas remotas?

Iniciamos a análise do envolvimento dos estudantes ressaltando a participação no decorrer da sequência didática. Esses dados foram apresentados no gráfico da Figura 11. Por meio dele, podemos perceber uma participação considerável dos estudantes, tanto nas aulas síncronas quanto na elaboração das atividades propostas nas aulas assíncronas. Ao compararmos os dois tipos de aula, notamos um maior comparecimento nas aulas síncronas, provavelmente por ser uma atividade com horário pré-definido pela escola. Nas aulas assíncronas, o estudante poderia escolher um dia/horário para fazer as atividades. Todavia, isso exige certa autonomia e organização por parte dele, características que podem não estar bem desenvolvidas em estudantes do Ensino Fundamental. Porém, por mais que a participação tenha sido menor que nas aulas/atividades assíncronas, o comprometimento dos estudantes com a elaboração das atividades propostas nessas aulas surpreendeu-nos. Para mostrar isso, destacamos a primeira aula assíncrona (Aula 2), em que foi solicitado que eles construíssem três representações, mostrando como as partículas estavam organizadas nos três estados físicos da matéria. Nessa aula, tivemos 30 estudantes que assistiram à videoaula, sendo que 25 enviaram os desenhos para a professora. Destacamos, também, o estudante E15, que, após a negociação das representações construídas nessa aula, reelaborou seu desenho sem que isso tivesse sido solicitado pela professora. Isso é um indício de que o estudante envolveu-se com a disciplina, uma vez que ele refletiu sobre sua representação e fez ajustes de acordo com o que considerou mais adequado.

Outro indício que nos mostra dados sobre o envolvimento dos estudantes aconteceu durante a aula 6, que ocorreu de forma síncrona. Essa foi a única atividade em que os estudantes teriam de construir e enviar as representações durante a aula para que a professora pudesse selecionar algumas para a discussão. Entretanto, houve

estudantes que não conseguiram enviar o desenho dentro do tempo proposto pela professora, de modo que, ao final da aula, após as negociações feitas, alguns deles pediram para abrir a câmera e mostrar suas representações para a turma.

Ao propormos atividades em que os estudantes deveriam construir e justificar suas próprias representações, observamos um envolvimento mais autêntico com a Ciência escolar. Durante a negociação das representações propostas, com a professora e com os colegas, diversos estudantes demonstraram ter aumentado a consciência em torno da representação que haviam feito. Um exemplo disso ocorreu na aula 6, quando foi solicitado que os estudantes desenhassem as partículas presentes no desodorante, nos três sistemas. O estudante E26, ao explicar o que havia feito, já identificou problemas em sua representação, sugerindo alterações em seu próprio desenho. Como complementação a esse exemplo, os colegas também participaram dessa negociação, sugerindo mudanças, de modo que fosse possível perceber, na representação, dois estados físicos no S2. Nesse caso, assim como em vários outros que aconteceram nessa mesma perspectiva de tomada de consciência, os estudantes parecem estar experimentando fortes contextos perceptivo-experienciais.

Trata-se de uma abordagem diferente das tradicionais abordagens transmissivas, nas quais há uma tendência de os estudantes memorizarem informações, sem que haja entendimento, de fato, daquilo que foi transmitido. O estudante E26 mostrou entendimentos ao comunicar sua própria representação, mostrando como é direta a relação conceitual e representacional (TYTLER *et al.*, 2013b). Prain e Tytler (2013) argumentam que os recursos semióticos, as práticas epistêmicas e os processos epistemológicos são recursos culturais externos, em que os estudantes baseiam-se para representar/desenvolver seus próprios entendimentos. Esses estudantes são envolvidos na atividade representacional como “interrogadores ativos de suas próprias representações” (PRAIN; TYTLER, 2013, p. 81, tradução nossa)³⁵, e o desenvolvimento intelectual dos estudantes envolve a percepção de oportunidades para novas conexões, novas sínteses imaginativas e, em alguns casos, para encontrar soluções imprevisíveis. Portanto, a exemplo de E26, muitos estudantes

³⁵ “[...] *active interrogators of their own representations [...]*”. (PRAIN; TYTLER, 2013, p. 81)

propuseram uma representação e, ao justificá-la, já foram capazes de identificar mudanças necessárias.

Considerando todos esses dados apresentados, podemos afirmar que a abordagem de representações multimodais, na qual há a proposição, a justificação, a negociação e a reelaboração de representações, possibilitou uma participação ativa e legítima dos estudantes, o que certamente facilita a construção do conhecimento científico escolar.

b) Os estudantes, ao terem múltiplas oportunidades para representar, traduzir, justificar e reconfigurar compreensões, valorizam as representações como uma forma de organizar o próprio pensamento?

A abordagem que se utiliza de representações multimodais oportuniza que os estudantes organizem e externalizem o próprio pensamento, pois, além de eles construírem suas representações, há um ambiente em que é possível comunicar e negociar o que foi feito. Caso seja necessário, é oportunizada, também, a reelaboração dessa representação, realizando modificações com o intuito de torná-la mais adequada. Assim, para todo esse processo, o ideal seria que o estudante fizesse um apanhado de conhecimentos aprendidos sobre determinado assunto e levasse isso em consideração na hora de elaborar e justificar uma representação. No entanto, observamos, nesse trabalho, que, mesmo tendo múltiplas oportunidades para fazer isso, eles nem sempre valorizaram as representações como uma forma de organizar o próprio pensamento.

Para entender melhor essa afirmação, citamos como exemplo a aula 8, em que os estudantes representaram as moléculas odoríferas em uma situação na qual uma pessoa sentisse o cheiro de uma flor. A maioria dos estudantes (70%) elaborou representações em que as partículas realizavam uma trajetória bem definida, que ia da flor até o nariz da pessoa. Não obstante, durante a discussão dessa atividade, que ocorreu na aula 10, a professora perguntou para a turma se as moléculas realizavam um caminho bem definido, indo apenas na direção do nariz. A maioria dos estudantes respondeu que não. Isso nos mostrou que, apesar de eles terem ciência desse fato, ao representar como sentimos o cheiro de uma flor, esse conhecimento pode não ter sido considerado. Destacamos esse exemplo porque

essa foi a penúltima atividade em que pedimos para eles elaborarem representações, ou seja, os estudantes já haviam tido contato com outras atividades que oportunizavam esse processo de representar, traduzir, justificar e reconfigurar as representações propostas. É possível que eles tenham feito uma representação parcial, desenhando apenas as partículas que chagam até o nosso nariz, embora soubessem que as partículas odoríferas espalham-se mais amplamente e não apenas no espaço representado. Mas isso também pode ser um indício de que não compreenderam, ainda, o papel da representação na comunicação e na organização das próprias ideias.

A valorização das representações pelos estudantes é uma discussão recente no Ensino de Ciências. Logo, desenvolver competência representacional não é uma atividade que pode ser realizada em um conjunto de 10 aulas, como foi o tempo/espaço usado nessa pesquisa. No entanto, sabemos que o desenvolvimento dessa competência deve ser iniciado na escola e que é indicado que isso seja feito desde o Ensino Fundamental. Pesquisas mostram-nos que, até mesmo os estudantes de graduação, os quais possuem uma maior maturidade em termos de conteúdo, apresentam dificuldade no uso das representações como uma forma de organizar o próprio pensamento e no entendimento do papel delas como uma ferramenta facilitadora no processo de ensino-aprendizagem (QUADROS *et al.*, 2020). Argumentamos em torno da necessidade de professores entenderem mais amplamente o papel das representações e, com isso, valorizarem mais as representações na sala de aula, desde os anos iniciais. Acreditamos que o trabalho com as representações deva ser contínuo, ou seja, elas deveriam ser exploradas ao longo de toda a educação básica, o que, conseqüentemente, pode resultar em competências representacionais para qualquer nível de ensino subsequente. Em função disso, acreditamos que mais atividades como essas, que utilizam as representações multimodais, são necessárias no Ensino Fundamental.

c) As tecnologias educacionais podem auxiliar no desenvolvimento de habilidades que permitem ao estudante transitar entre diferentes modos de representação?

Como a construção dos dados da pesquisa ocorreu de forma remota, foi preciso traçar estratégias de modo a conseguir realizar as atividades propostas em cada

aula, principalmente as que envolviam os desafios representacionais. Sendo assim, visando atingir os objetivos das aulas e, conseqüentemente, o objetivo da pesquisa, utilizamos tecnologias educacionais específicas, que foram selecionadas com esse intuito, além de auxiliar o trabalho da professora e dos estudantes.

Na aula 9, por exemplo, os estudantes deveriam construir uma molécula de água e uma de propanona em 3D, a partir da fórmula estrutural plana de cada uma. Para essa proposta de transição de um modo representacional bidimensional para um modo tridimensional, eles deveriam optar por utilizar o *site Phet* ou o aplicativo *Molecular Constructor*. Nesse contexto, observamos que eles não apresentaram dificuldades na construção da molécula de água, visto que 100% dos estudantes conseguiram elaborar essa representação de forma correta. Já com a molécula de propanona, foi possível perceber que os estudantes apresentaram dificuldades, até porque essa molécula é considerada mais complexa. Ainda assim, 65% dos estudantes conseguiram construir a molécula proposta, respeitando a hibridização do carbono e a ligação dupla entre o carbono e o oxigênio. Esses dados mostram-nos que a utilização de tecnologias educacionais possibilitou a execução da atividade e o desenvolvimento de habilidades relacionadas à transição entre modos de representação, nesse caso, de uma representação em 2D para uma em 3D. As discussões na aula 10 também reforçam isso, pois, quando a professora mostrou alguns exemplos de moléculas em 3D que não estavam adequadas, os estudantes identificaram o problema com facilidade e sugeriram alterações na representação.

Conforme mencionado anteriormente, se essa sequência de aulas ocorresse no contexto do ensino presencial, provavelmente não teríamos optado por essas ferramentas digitais, sendo utilizado com os estudantes o modelo bola-vareta, por exemplo. Entretanto, em vista do ERE, tivemos de adaptar essa atividade, sendo que essa experiência fez-nos refletir sobre o uso dessas tecnologias em sala de aula. De fato, elas auxiliam no desenvolvimento de habilidades representacionais, porém não é indicado que o ensino de representações seja feito apenas baseado em tecnologias digitais. Defendemos isso porque é necessário pensar na realidade dos estudantes e no contexto em que o ensino está ocorrendo, pois nem sempre a acessibilidade deles a esses recursos viabiliza a realização desse tipo de atividade. Notamos que foi assertivo sugerir como opção a utilização de duas tecnologias

educacionais, visto que 47% dos estudantes utilizaram o *Phet* e 41% utilizaram o *Molecular Constructor*. Quando o docente conhece a realidade com a qual está lidando na sala de aula, ele também pode explorar esses recursos tecnológicos com o estudante. Percebemos que disponibilizar para os estudantes tutoriais das tecnologias educacionais utilizadas contribuiu na realização das atividades propostas.

Acreditamos, portanto, que o uso esporádico das tecnologias educacionais, alinhado a uma estratégia pré-definida e a objetivos claros, pode contribuir no desenvolvimento de habilidades representacionais, em específico na transição entre diferentes modos de representação.

d) Ao participar de uma abordagem pautada na construção, comunicação, negociação e reelaboração de representações, quais indícios permitem afirmar que os estudantes foram estimulados a agir com agência epistêmica?

Todas as atividades em que os estudantes construíram representações renderam negociações dinâmicas e promissoras nas aulas síncronas. Nessas aulas, foi oportunizado um espaço de diálogo, em que era possível refletir, em tempo real, sobre as representações construídas, associando-as aos conhecimentos científicos adquiridos ao longo da disciplina, ou seja, o estudante deveria relacionar se a representação feita por ele e compartilhada pela professora estava condizente com o que ele havia aprendido, oportunizando uma maneira de ele organizar o próprio pensamento. Nesse contexto, ao compartilhar uma representação com a turma, o estudante responsável poderia justificá-la, havendo a possibilidade de seus colegas sugerirem alterações. Desse modo, as contribuições de todos eram consideradas na construção do conhecimento, que ocorreu de forma colaborativa, uma vez que a turma, com orientação da professora, deveria entrar em um consenso sobre determinada representação.

Destacamos como exemplo uma negociação feita na aula 6, em relação à representação construída pelo estudante E37. Após compartilhar o desenho com a turma, a professora havia questionado quais os estados físicos que aparentavam ter nos três sistemas do *spray* desodorante. Os estudantes E26 e E5 afirmaram que, no S1, aparentava ter sólido, ou seja, aquela representação não estava adequada, já

que a intenção seria representar um líquido nesse sistema. Quando a professora perguntou o que os estudantes mudariam nessa representação, foi sugerido afastar mais as partículas, haja vista que aumentar a distância delas aproximaria a representação do estado físico almejado. Ainda nessa discussão, ao questionar o que havia no S2, o estudante E26 indagou que esse sistema aparentava ter dois estados físicos, sendo eles o líquido e o gás, o que era visado na atividade. No entanto, seu colega E38 não concordou com essa afirmação, dizendo que, nesse caso, as partículas estavam um pouco mais separadas do que no S1, parecendo haver um líquido. Pelo visto, o estudante E26 refletiu sobre o comentário do colega, pois, quando a professora perguntou se a turma mudaria algo, ele sugeriu afastar as partículas do S2. Porém, ainda não satisfeito, o estudante E38 argumentou que apenas afastar as moléculas não resolveria, pois, ainda assim, não teríamos dois estados físicos representados nesse sistema. Portanto, nessa discussão, pode ser observado que a professora, em momento algum, julgou as representações feitas e limitou-se a questionar alguns aspectos dessas representações, o que levou os próprios estudantes a envolverem-se no apontamento de aspectos que poderiam adequar a representação que estava sendo discutida. Com isso, os estudantes chegaram a um consenso do que seria uma representação adequada. Esse é um exemplo nítido de que eles agiram com agência epistêmica.

É válido ressaltar que todas as representações construídas nas aulas assíncronas foram retomadas nas aulas síncronas, de modo que as negociações só foram possíveis em função da participação ativa e do envolvimento conjunto da turma. O fato de os estudantes terem de retomar, comunicar e refletir com os colegas o conhecimento científico construído nas aulas, de modo a chegar a um consenso, é, como já dissemos, um forte indício de que eles agiram com agência epistêmica. Isso nos mostra que as representações multimodais podem ser consideradas uma ferramenta epistêmica.

Por fim, pensando no objetivo principal dessa pesquisa, acreditamos que nosso trabalho possibilitou investigar as representações multimodais como ferramenta epistêmica em um contexto no qual isso ainda não havia sido trabalhado, ou seja, em aulas remotas. Apesar de não ser um ambiente em que as interações discursivas entre os estudantes são favorecidas, mostramos, com esta pesquisa, que é possível

envolver os estudantes em abordagens epistêmicas, por meio da proposição, da justificção e da negociação de representações durante o ERE, de modo a obter resultados promissores.

Acreditamos que, se essa abordagem ocorresse no ensino presencial, os resultados poderiam ser potencializados em função de diversos fatores, entre eles a presença e o acompanhamento mais próximos da professora, a própria sala de aula física, que oportuniza um ambiente mais adequado para a aprendizagem, que, muitas vezes, não está disponível no ambiente em que o estudante estava (em casa). As aulas presenciais também são favoráveis às interações discursivas entre os estudantes, permitindo um ambiente mais acolhedor e colaborativo. Porém, acreditamos que nosso trabalho possa contribuir e impactar pesquisas na área, pois o futuro da educação ainda é incerto, e há uma forte discussão em torno do ensino híbrido, com atividades presenciais e remotas.

Alertamos, ainda, a importância de outras disciplinas trabalharem abordagens que se utilizem das representações, pois as competências representacionais podem, mais facilmente, ser desenvolvidas quando diferentes estratégias em diferentes momentos forem usadas. Essas competências desenvolvem-se em termos de raciocínio, que serão utilizadas tanto em estudos posteriores quanto na vida em sociedade, uma vez que elas passam a fazer parte da nossa forma de pensar sobre as coisas (fenômeno, constituição e propriedades) do mundo.

Diante do exposto, realizar esta pesquisa em um contexto tão atípico na educação foi um grande desafio. De apreensões iniciais relativas à participação dos estudantes, deparamo-nos com estudantes envolvidos e interessados nas aulas. Aliado a isso, estava nossa pouca experiência em investigações envolvendo as representações multimodais. Podemos afirmar que foi um período de crescimento tanto como pesquisadora quanto como professora. Junto com os estudantes, aprendemos a lidar com as representações, a entender melhor o significado de representar, o que levaremos para toda nossa jornada de educadoras, por meio do Ensino de Ciências. Assim sendo, finalizamos esta pesquisa dizendo que estamos preparadas para recomeçar a aprender e a pesquisar, mas cientes de que enfrentar desafios traz como resultado a satisfação.

Conseguimos, portanto, explorar as representações multimodais como uma ferramenta epistêmica no ensino remoto, fornecendo dados que, até então, não havíamos encontrado na literatura pesquisada. Além disso, gostaríamos que nossa maior contribuição fosse inspirando outros docentes a utilizar as representações multimodais, pois acreditamos ter mostrado que é possível envolver os estudantes com a Ciência escolar de uma forma autêntica, em que ela não se restrinja a um estudo de produtos, mas sim de processos de construção do conhecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO-DÍA, J. A.; GARCÍA-CARMONA, A.; ARAGÓN, M. M. Rosalind Franklin y la doble hélice del ADN-Texto de Historia de la Ciencia para Educación Secundaria (17-18 años de edad). **Research Gate**, *online*, v. 2, p. 1-4, 2016. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG>.

ADAMI, E. Multimodality. *In*: GARCÍA, O.; FLORES, N.; SPOTTI, M. (org.). **The Oxford Handbook of Language and Society**. New York: Oxford: Oxford University Press., 2016. p. 451-472.

AKAYGUN, S.; ADADAN, E.; KELLY, R. Capturing Preservice Chemistry Teachers' Visual Representations of Redox Reactions THROUGH STORYBOARDS. **Israel Journal of Chemistry**, Israel, v. 58, p. 1-12, 2018.

ARAUJO, A. L. B.; KADOOCA, L. N.; QUADROS, A. L. de. as representações na química: o caso das partículas presentes no spray desodorante. *In*: QUADROS, A. L. DE (org.). **Representações multimodais no Ensino de Ciências**. Curitiba: Editora CRV, 2020. p. 46-63.

ARAÚJO, A. O. DE. **O uso do tempo e das práticas epistêmicas**. 2008. 144 f. Dissertação (Pós-graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social), Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

BARONE, D.; BARONE, R. Rethinking Reader Response With Fifth Graders' Semiotic Interpretations. **Reading Teacher**, *online*, v. 71, n. 1, p. 23-31, 2017.

BATISTONI E SILVA, M. **A construção de inscrições e seu uso no processo argumentativo em uma atividade investigativa de biologia**. 2015. 263 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

BEN-ZVI, R.; EYLON, B.; SILBERSTEIN, J. Students' visualization of a chemical reaction. **Education in chemistry**, *s.n.*, v. 24, n. 4, p. 117-120, 1987.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

CANDELA, A. **Ciencia en el aula: los alumnos entre la argumentación y el consenso**. México: Paidós, 1999.

CAROLAN, J. Using a Framing Analysis to Elucidate Learning from a Pedagogy of Student- Constructed Representations in Science. *In*: HAND, B.; MCDERMOTT, M.;

PRAIN, V. (org.). **Using Multimodal Representations to Support Learning in the Science Classroom**. New York: Springer, 2016. p. 213-234.

CARVALHO, A. M. P. DE. O ensino de Ciências e a proposição de sequências investigativas. *In*: CARVALHO, A. M. P. DE (org.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 1-20.

CASTANHEIRA, M. L.; WYATT-SMITH, C. What Counts as Literacy: An Interactional ethnographic perspective. *In*: CUMMINGS, J.; WYATT-SMITH, C. (org.). **Literacy and the Curriculum: Success in Senior Secondary Schooling**. Melbourne: The Australian Council for Educational Research Ltd, 2001. p. 43.

CETINA, K. K. **Epistemic Cultures: How the Sciences Make Knowledge**. Cambridge: Harvard University Press, 1999.

CHEN, Z.; GLADDING, G. How to Make a Good Animation: A Grounded Cognition Model of How Visual Representation Design Affects the Construction of Abstract Physics Knowledge. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, *online*, v. 10, n. 1, p. 1-24, 2014.

COLEMAN, J. M.; BRADLEY, L. G.; DONOVAN, C. A. Visual Representations in Second Graders' Information Book Compositions. **Reading Teacher**, *online*, v. 66, n. 1, p. 31-45, 2012.

CURWOOD, J. S. Cultural Shifts, Multimodal Representations, and Assessment Practices: A case study. **E-Learning and Digital Media**, v. 9, n. 2, p. 232-244, 2012.

DUSCHL, R. Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals. *In*: **Review of Research in Education**. v. 32, n. 1, p. 268-291, 2008.

DUSCHL, R. A.; GRANDY, R. E. Reconsidering the Character and Role of Inquiry in School Science: Framing the Debates. *In*: **Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation**. Leiden: Brill; Sense, 2008. p. 1-37.

EVAGOROU, M.; ERDURAN, S.; MÄNTYLÄ, T. The Role of Visual Representations in Scientific Practices: From Conceptual Understanding and Knowledge Generation to 'Seeing' How Science Works. **International Journal of STEM Education**, *online*, v. 2, n. 1, p. 1-13, 2015.

FRANCO, L. G.; MUNFORD, D. Investigando interações discursivas em aulas de ciências: um "Olhar sensível ao contexto" sobre a pesquisa em educação em ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 1, p. 125-151, 2018.

GABEL, D. Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. **Journal of Chemical Education**, *s.n.*, v. 76, n. 4, p. 548, 1999.

GALANO, S. *et al.* Developing the Use of Visual Representations to Explain Basic Astronomy Phenomena. **Physical Review Physics Education Research**, *online*, v. 14, n. 1, p. 1-30, 2018.

GALIAZZI, M. C.; MORAES, R. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação (Bauru)**, *online*, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2016.

GILBERT, J. K. No Visualization: An Emergent Field of Practice and Enquiry in Science Education. *In*: GILBERT, J. K.; REINER, M.; NAKHLEH, M. (org.). **Visualization: Theory and Practice in Science Education**. Berlim, Springer Science & Business Media, 2008. p. 3-24.

GILBERT, J. K. The Role of Visual Representations in the Learning and Teaching of Science: An introduction. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, *online*, v. 11, n. 1, p. 1-19, 2010.

GILBERT, J. K. REPRESENTATIONS AND MODELS: Aspects of Scientific Literacy Components. *In*: TYTLER, R. *et al.* (org.). **Constructing Representations to Learn in Science**. The Netherlands: Sense Publishers, 2013. p. 193-198.

GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. F. **Multiple representation in chemicals education**. Dordrecht: Springer International Publishing, 2009. (v. 4).

GILLIES, R.; BAFFOUR, B. The Effects of Teacher-Introduced Multimodal Representations and Discourse on Students' Task Engagement and Scientific Language During Cooperative, Inquiry-Based Science. **Instructional Science**, *online*, v. 45, n. 4, p. 493-513, 2017.

GOODING, D. C. Visualizing Scientific Inference. **Topics in Cognitive Science**, *online*, v. 2, n. 1, p. 15-35, 2010.

HALLIDAY, M. A. K. **Language as Social Semiotic: The Social Interpretation of Language and Meaning**. Londres: Hodder Education, 1978.

HALLIDAY, M. A. K. Language as Social Semiotic. *In*: MAYBIN, J. (org.). **Language and Literacy in Social Practice**. Clevedon: The open university, 1994. p. 23-43.

HALLIDAY, M. A. K.; HASAN, R. **Language, Text and Context: Aspects of Language in a Social-Semiotic Perspective**. 2. ed. Oxford? Oxford University Press, 1985.

HALLIDAY, M. A. K.; MARTIN, J. **Writing Science: Literacy and Discursive Power**. New York: The Falmer Press, 1993.

HAND, B.; CHOI, A. Examining the impact of student use of multiple modal representations in constructing arguments in organic chemistry laboratory classes. **Research in Science Education**, v. 40, n. 1, p. 29-44, 2010.

HAND, B.; MCDERMOTT, M.; PRAIN, V. **Using Multimodal Representations to Support Learning in the Science Classroom**. New York: Springer, 2016.

HAND, B.; PRAIN, V. **Teaching and Learning in Science: The Constructivist Classroom**. San Diego: Harcourt Brace, 1995.

HOBAN, G.; NIELSEN, W. Using “Slowmation” to Enable Preservice Primary Teachers to Create Multimodal Representations of Science Concepts. **Research in Science Education**, *online*, v. 42, n. 6, p. 1101-1119, 2012.

HÖST, G. E.; SCHÖNBORN, K. J.; PALMERIUS, K. E. L. Students Use of Three Different Visual Representations to Interpret Whether Molecules Are Polar Or Nonpolar. **Journal of Chemical Education**, *online*, v. 89, n. 12, p. 1499-1505, 2012.

HUBBER, P.; TYTLER, R. Models and Learning Science. *In*: TYTLER, R. *et al.* (org.). **Constructing Representations to Learn in Science**. The Netherlands: Sense Publishers, 2013. p. 108-133.

INFANTE, V. H. P; CALIXTO, L. S; CAMPOS, P. M. B. G. M. Comportamento de homens e mulheres quanto ao consumo de cosméticos e a importância na indicação de produtos e adesão ao tratamento. **Surgical & Cosmetic Dermatology**, v. 8, n.0 2, p. 134-141, 2016.

JEWITT, C. **The Routledge Handbook of Multimodal Analysis**. London: Routledge, 2009.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. *et al.* Epistemic Practices: An Analytical Framework for Science Classrooms. *In*: Annual Meeting of the AERA. **Anais...** New York: 2008

JOHNSTONE, A. H. A Macro- And Micro-Chemistry. **School Science Review**, Londres, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

JOHNSTONE, A. H. Why is Science Difficult to Learn? Things Are Seldom What They Seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, Netherlands, v. 7, n. 2, p. 75-83, 1991.

JOHNSTONE, A. H. Teaching of Chemistry-Logical or Psychological? **Chemistry Education Research and Practice**, London, v. 1, n. 1, p. 9-15, 2000.

KELLY, G. J. Discourse, description, and science education. *In*: R, Y.; ROTH, W. M. (org.). **Establishing Scientific Classroom Discourse Communities: Multiple Voices of Research on Teaching and Learning**. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 2005. p. 79-108.

KELLY, G. J. Inquiry, activity and epistemic practice. *In*: DUSCHL, R. A.; GRANDY, R. E. (org.). **Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation**. Rotterdam: Sense Publishers, 2008. p. 99-117. (v. 41)

KELLY, G. J.; DUSCHL, R. A. Toward a research agenda for epistemological studies in science education. **Annual meeting of the NARST in Science Teaching**, New Orleans, p. 1-51, abr. 2002.

KLEIN, T. A. DA S.; LABURÚ, C. E. Multimodos de representação e teoria da

aprendizagem significativa: possíveis interconexões na construção do conceito de biotecnologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 14, n. 2, p. 137-152, 2012.

KO, M. L. M.; KRIST, C. Opening up CURRICULA to Redistribute Epistemic Agency: A Framework for Supporting Science Teaching. **Science Education**, *online*, v. 103, n. 4, p. 1-32, 2019.

KOREN, Y.; KLAVIR, R.; GORODETSKY, M. Students' Multi-Modal Re-Presentations of Scientific Knowledge and Creativity. **The Journal of Creative Behavior**, *online*, v. 39, n. 3, p. 191-212, 2005.

KRAJCIK, J.; MERRITT, J. Engaging Students in Scientific Practices: What Does Constructing and Revising Models Look Like in the Science Classroom? Understanding a Framework for K-12 Science Education. **The Science Teacher**, *online*, v. 79, n. 3, p. 10-13, 2012.

KRESS, G. **Multimodality**: A Social Semiotic Approach to Contemporary Communication. New York: Routledge, 2010a.

KRESS, G. Mode. *In*: KRESS, G. (org.). **Multimodality**: A social semiotic approach to contemporary communication. New York: Taylor & Francis, 2010b. p. 79-96.

KRESS, G.; VAN LEEUWEN, T. **Reading images**: The grammar of visual design. Abingdon: Routledge, 1996.

LEDERMAN, N. G. *et al.* Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, *online*, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.

LEMKE, J. Multiplying Meaning: Visual and Verbal Semiotics in Scientific Text. *In*: VEEL, J. .; MARTIN, J. (org.). **Reading Science**: Critical and Functional Perspectives on Scientific Discourse. New York: Routledge, 1998. p. 87-113.

LEMKE, J. The literacies of science. *In*: WENDY, S. E. (org.). **Crossing Borders in Literacy and Science Instruction**: Perspectives on Theory and Practice. New York: International Reading Association, 2004. p. 33-47.

LINEBARGER, D. L.; NORTON-MEIER, L. Scientific Concepts, Multiple Modalities, and Young Children. *In*: HAND, B.; PRAIN, V.; MCDERMOTT, M. (org.). **Using multimodal representations to support learning in the science classroom**. New York: Springer, 2016.

LYNCH, M. The production of scientific images: vision and re-vision in the history, philosophy, and sociology of science. *In*: PAUWELS, L. (org.). **Visual Cultures of Science**: Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication. Lebanon: Dartmouth College Press, 2006. p. 26-40.

MARTINS, I. Analisando livros didáticos na perspectiva dos Estudos do Discurso: compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para a pesquisa. **Pro-Posições**,

Campinas, v. 17, n. 1, p. 117-136, 2006.

MEMIŞ, E. K.; ÖZ, M. The Impact of Using Representation Modes within Writing to Learn Activities on the Scientific Process Skills of the Fifth Grade Students. **Journal of Education and Training Studies**, v. 5, n. 2, p. 31-42, 2017.

MILLER, E. *et al.* Addressing the Epistemic Elephant in the Room: Epistemic Agency and the Next Generation Science Standards. **Journal of Research in Science Teaching**, *online*, v. 55, n. 7, p. 1-23, 2018.

MORTIMER, E. F. Sobre chamuscas e cristais: a linguagem cotidiana, a linguagem científica e o ensino de ciências. *In: Ciência, ética e cultura na educação*. São Leopoldo: São Leopoldo: Editora UNISINOS, 1998. p. 99-118.

MORTIMER, E. F. *et al.* Interações entre modos semióticos e a construção de significados em aulas de ensino superior. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 16, n. 3, p. 121-146, 2015.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. **Meaning Making in Secondary Science Classrooms**. Maidenhead: McGraw-Hill Education, 2003.

2º ENECI - Mesa redonda 2: Práticas epistêmicas no Ensino de Ciências. Belo Horizonte: s. n., 2020. 1 vídeo (2 h e 4 min). Publicado pelo canal CECIMIG FaE UFMG. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=FRLxlinOkf0&t=588s>. Acesso em: 7 abr. 2021.

NEWBY, T. J. *et al.* **Instructional Technology for Teaching and Learning: Designing Instruction, Integrating Computers, and Using Media**. 2 ed. New Jersey: Prentice Hall College Div, 1996.

NORRIS, S. **Analyzing Multimodal Interaction: A Methodological Framework**. New York: Routledge, 2004.

OGBORN, J. *et al.* **Explaining Science In The Classroom**. Buckingham: McGraw-Hill Education, 1996.

OLIVEIRA, E. **Beleza em primeiro lugar**. 29 out. 2010. Disponível em: <http://meumanequimnaoe36.blogspot.com/2010/10/beleza-em-primeiro-lugar.html>. Acesso em: 15 jun. 2021.

ÖZ, M.; MEMIŞ, E. K. Effect of Multi Modal Representations on the Critical Thinking Skills of the Fifth Grade Students. **International Journal of Progressive Education**, *online*, v. 14, n. 2, p. 209-227, 2018.

PENA, D. M. B. **Construindo entendimentos de ciência na formação de professores por meio de estudos de caso e representações multimodais**. Belo

Horizonte: UFMG, 2021.

PENA, D. M. B.; QUADROS, A. L. DE. Professores em formação: uma experiência com as representações multimodais. *In: QUADROS, A. L. DE (org.).*

Representações multimodais no Ensino de Ciências. Curitiba: Editora CRV, 2020. p. 31-45.

PEREIRA, A. G.; TERRAZAN, E. A. A multimodalidade em textos de popularização científica: contribuições para o ensino de ciências para crianças. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 2, p. 489-503, 2011.

PINTO, D. J. F. *et al.* Química dos cheiros: uma abordagem multimodal para diagnóstico de concepções alternativas dos modelos expressos pelos alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Química**, *online*, v. 9, n. 1, p. 60-69, 2014.

PRAIN, V.; TYTLER, R. Learning Through the Affordances of Representation Construction. *In: TYTLER, R. et al. (org.).* **Constructing Representations to Learn in Science**. Netherlands: Sense Publishers, 2013. p. 66-82. PRAIN, V.; TYTLER, R.; PETERSON, S. Multiple Representation in Learning About Evaporation. **International Journal of Science Education**, *online*, v. 31, n. 6, p. 787-808, 2009.

PRAIN, V.; WALDRIP, B. An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science. **International Journal of Science Education**, *online*, v. 28, n. 15, p. 1843-1866, 2006.

PONTES, E. O que é Moodle: conheça esse ambiente virtual de aprendizado. **EADBOX**, 2017. Disponível em: <https://eadbox.com/o-que-e-moodle-como-funciona/>. Acesso em: 9 dez. 2020.

QUADROS, A. L. **Aulas no ensino superior: uma visão sobre professores de disciplinas científicas na licenciatura em Química da UFMG**. Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

QUADROS, A. L. *et al.* **Representações multimodais no ensino de ciências: compartilhando experiências**. Curitiba: Editora CRV, 2020.

QUADROS, A. L.; PENA, D. M. B.; BOTELHO, M. L. S. T. AS REPRESENTAÇÕES MULTIMODAIS: construto teórico. *In: QUADROS, A. L. (org.).* **Representações multimodais no Ensino de Ciências**. Curitiba: Editora CRV, 2020. p. 15-29.

RETONDO, C. G.; FARIA, P. **Química das sensações**. 4. ed. Campinas: Editora átomo, 2014.

RIBEIRO, A. E. Textos multimodais na sala de aula: exercícios. **Revista Triângulo**, Uberaba, v. 13, n. 3, p. 24-38, 2020.

ROQUE, N. F.; SILVA, J. L. P. B. A linguagem química e o ensino da química orgânica. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 921-923, 2008.

SANDOVAL, W. A. *et al.* Designing knowledge representations for learning epistemic

practices of science. **AERA**, [S.l.: s.n.], p. 1-43, 2000.

SANDOVAL, W. A. Understanding Students' Practical Epistemologies and Their Influence on Learning Through Inquiry. **Wiley Periodicals**, *online*, v. 89, n. 4, p. 634-625, 2005.

SANDOVAL, W. A.; MILLWOOD, K. A. The Quality of Students' Use of Evidence in Written Scientific Explanations. **Cognition and Instruction**, *online*, v. 23, n. 1, p. 23-55, 2005.

SANDOVAL, W. A.; MILLWOOD, K. A. What Can Argumentation Tell Us About Epistemology? In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (org.). **Argumentation in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2007. p. 71-88.

SANTOS, Z. B. A linguística sistêmico-funcional: algumas considerações. **OLETRAS- Revista do departamento de letras da FEP/UERJ**, Rio de Janeiro, v. 29, p. 164-181, 2009.

SANTOS, Z. B.; PIMENTA, M. O. Da semiótica social à multimodalidade: a orquestração significados. **CASA: Cadernos de Semiótica Aplicada**, v. 12, n. 2, p. 295-324, 2014. 2006.

SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. A. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 52-67, 2016.

SILVA, A. DA C. T. E. Interações Discursivas E Práticas Epistêmicas Em Salas De Aula De Ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. spe, p. 69-96, 2015.

SILVA, F. A. R. **Atividade investigativa na educação superior**. 2011. 326 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

SILVA, L. G.; BIERHALZ, C. D. K. Esmaltes de Unhas como temática para o Ensino de Ciências da Natureza. **Revista Debates em Ensino de Química**, Recife, v. 3, n. 2, p. 167-187, 2017.

SOUSA, R. G. História do Esmalte. **História do mundo**. [S.l.: s.n.], 2017. Disponível em: <https://www.historiadomundo.com.br/curiosidades/historia-do-esmalte.htm>. Acesso em: 7 out. 2021.

STROUPE, D. Examining Classroom Science Practice Communities: How Teachers and Students Negotiate Epistemic Agency and Learn Science-as-Practice. **Science Education**, *online*, v. 98, n. 3, p. 487-516, 2014.

TALANQUER, V. Macro, Submicro, and Symbolic: The Many Faces of the Chemistry "Triplet". **International Journal of Science Education**, *online*, v. 33, n. 2, p. 179-195, 2011.

TANG, K.-S.; MOJE, E. B. Relating Multimodal Representations to the Literacies of Science. **Research in Science Education**, *online*, v. 40, n. 1, p. 81-85, 2010.

TANG, K. S.; DELGADO, C.; MOJE, E. B. An Integrative Framework for the Analysis of Multiple and Multimodal Representations for Meaning-making in Science Education. **Science Education**, *online*, v. 98, n. 2, p. 305-326, 2014.

TIMA, M. T.; SUTRISNO, H. Effect of Using Problem-solving Model Based on Multiple Representations on the Students' Cognitive Achievement: Representations of Chemical Equilibrium. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, *online*, v. 19, n. 1, p. 1-18, 2018.

TREAGUST, D. F.; CHITTLEBOROUGH, G.; MAMIALA, T. L. The Role of Submicroscopic and Symbolic Representations in Chemical Explanations. **International Journal of Science Education**, *online*, v. 25, n. 11, p. 1353-1368, 2003.

TYTLER, R. *et al.* **Constructing Representations to Learn in Science**. The Netherlands: Sense Publishers, 2013a.

TYTLER, R. *et al.* A Representation Construction Approach. *In*: TYTLER, R. *et al.* (org.). **Constructing Representations to Learn in Science**. The Netherlands: Sense Publishers, 2013b. p. 31-49.

TYTLER, R.; PRAIN, V. A framework for re-thinking learning in science from recent cognitive science perspectives. **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 15, p. 2055-2078, 2010.

VALLE, M. G. **Movimentos e práticas epistêmicos e suas relações com a construção de argumentos nas aulas de ciências**. 2014. 112 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

VAUGHAN, P.; HAND, B. Learning Science Through Learning to Use Its Languages. *In*: HAND, B.; MCDERMOTT, M.; PRAIN, V. (org.). **Using multimodal representations to support learning in the science classroom**. New York: Springer, 2016. p. 1-11.

WALDRIP, B.; PRAIN, V.; CAROLAN, J. Using Multi-modal Representations to Improve Learning in Junior Secondary Science. **Research in Science Education**, *online*, v. 40, n. 1, p. 65-80, 2010.

WESTLUND, E. Visual Formation of Science Content in Young Students' Multimodal Compositions – Seven Content Representations. **Journal of Visual Literacy**, *online*, v. 37, n. 4, p. 294-316, 2018.

YORE, L. D.; HAND, B. Epilogue: Plotting a Research Agenda for Multiple Representations, Multiple Modality, and Multimodal Representational Competency. **Research in Science Education**, *online*, v. 40, n. 1, p. 93-101, 2010.

YORE, L. D.; TREAGUST, D. F. Current Realities and Future Possibilities: Language and Science Literacy – Empowering Research and Informing Instruction. **International Journal of Science Education**, *online*, v. 28, n. 2-3, p. 291-314, 2006.

ZHANG, Y. Multimodal Teacher Input and Science Learning in a Middle School Sheltered Classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, *online*, v. 53, n. 1, p. 7-30, 2016.

ZOMPERO, A. DE F.; LABURÚ, C. E. As relações entre aprendizagem significativa e representações multimodais. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 12, n. 3, p. 31-40, 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Quadro contendo os periódicos utilizados no capítulo 1

n°	Título	Autor	Periódico	Ano
1	The role of visual representations in scientific practices- from conceptual understanding and knowledge generations to seeing how science works	Maria Evagorou, Sibel Erduran e Terhi Mantyla	International Journal of STEM Education	2015
2	Visual Formation of Science Content in Young Students' Multimodal Compositions- Seven Content Representations	Elin Westlund	Journal of Visual Literacy	2018
3	The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations	Treagust, David F. Chittleborough, Gail Mamiala, Thapelo L.	International Journal of Science Education	2003
4	Relating Multimodal Representations to the Literacies of Science	Kok-Sing Tang & Elizabeth Birr Moje	Science & Education	2010
5	The role of visual representations in the learning and teaching of science: An introduction	Gilbert, J. K.	Science Learning and Teaching	2010
6	Using "Slowmation" to Enable Preservice Primary Teachers to Create Multimodal Representations of Science Concepts	Hoban, G.; Nielsen, W.	Science & Education	2012
7	Capturing Preservice Chemistry Teachers' Visual Representations of Redox Reactions through Storyboards	Akaugun, S.; Adadan, E.; Kelly, R.	Israel journal of chemistry	2018

8	An Integrative Framework for the Analysis of Multiple and Multimodal Representations for Meaning-Making in Science Education	Tang, K.; Delgado, C.; Moje, E.	PHYSICS EDUCATION RESEARCH	2014
9	As relações entre aprendizagem significativa e representações multimodais	Zompero, A.; Laburu, C.	Revista Ensaio	2010
10	Developing the Use of Visual Representations to Explain Basic Astronomy Phenomena	Colantonio, Leccia, Marzoli, Puddy e Testa		2018
11	An Exploratory Study of Teachers' and Students' Use of Multi-Modal Representations of Concepts in Primary Science	Prain, Waldrip	International Journal of Science Education	2006
12	The Impact of Using Representation Modes within Writing to Learn Activities on the Scientific Process Skills of the Fifth Grade Students	Memis, OZ	Journal of Education and Training Studies	2017
13	Students' Multi-Modal Re-Presentations of Scientific Knowledge and Creativity	Koren, Klavir e Gorodetsky	Journal of Creative Behavior	2005
14	The Effects of Teacher-Introduced Multimodal Representations and Discourse on Students' Task Engagement and Scientific Language during Cooperative, Inquiry-Based		Instructional Science	2017
15	Effect of Multi Modal Representations on the Critical Thinking Skills of the Fifth Grade	Oz, Memis	International Journal of Progressive Education	2018
16	Students' Use of Three Different Visual Representations to Interpret Whether Molecules Are Polar or Nonpolar	Host, Schonborn, Palmerius	Journal of Chemical Education	2012
17	Examining the Impact of Student Use of Multiple Modal Representations in Constructing Arguments in Organic Chemistry Laboratory Classes	Hand, Choi	Science & Education	2010

18	Determinism and Underdetermination in Genetics: Implications for Students' Engagement in Argumentation and Epistemic Practices	Pilar, Jimenez-Aleixandre	Science & Education	2012
19	Multimodal teacher input and science learning in a middle school sheltered classroom	Zhang	Journal of Research in science teaching	2016
20	Sequencing Embedded Multimodal Representations in a Writing to Learn Approach to the Teaching of Electricity	Hand, Gunel, Ulu	Journal of Research in science teaching	2009
21	Multimodos de representação e a teoria da aprendizagem significativa	Klein e Laburú	Revista Ensaio	2012
22	Cultural Shifts, Multimodal Representations, and Assessment Practices: a case study	Curwood	E-Learning and Digital Media	2012
23	Rethinking Reader Response with Fifth Graders' Semiotic Interpretations	Barone, D.; Barone, R.	The reading Teacher	2017
24	A multimodalidade em textos de popularização científica	Pereira, Terrazan	Ciência & Educação	2011
25	Visual representations in second graders' information book compositions	Coleman, Bradley, Donovan	The reading Teacher	2012
26	Sequencing Embedded Multimodal Representations in a Writing to Learn Approach to the Teaching of Electricity	Hang, Ulu, Gunel	Journal of Research in Science Teaching	2009
27	How to Make a Good Animation: A Grounded Cognition Model of How Visual Representation Design Affects the Construction of Abstract Physics Knowledge	Chen, Gladding	PHYSICS EDUCATION RESEARCH	2014
28	The Power of Multimodal Representations	Taylor e Villanueva	Science and Children	2014

29	Using Multi-Modal Representations to Improve Learning in Junior Secondary Science	Waldrup, Vaughan, Carolan	Science & Education	2010
30	Macro, Submicro, and Symbolic- The many faces of the chemistry triplet	Talanquer	International Journal of Science Education	2011
31	Química dos Cheiros uma abordagem multimodal	Pinto, Siqueira e Reges	Revista Brasileira de Ensino de Química	2014

APÊNDICE B – Google Formulários com atividade da aula 02 (cada imagem corresponde a uma página)

08/10/2021 16:41 Atividade- Aula 2

Atividade- Aula 2

Olá, querido(a) aluno(a)!

Vamos imaginar que existe uma lupa que consiga mostrar o estado de agregação das partículas da água, ou seja, ela mostra como essas partículas estão organizadas em cada estado físico. E aí, como elas estariam?

Nesta atividade, você irá fazer três (03) desenhos, representando como as partículas da água estão nos estados físicos:

- Sólido
- Líquido
- Gás.

Lembrando que combinamos de representar as partículas como pontinhos (.), não precisa desenhá-las como moléculas de água.

Tire foto dos desenhos e insira essas imagens nas respectivas questões.

OBS: Responda esse formulário pelo seu dispositivo móvel, pois assim será mais fácil anexar as imagens.

Qualquer dúvida, me procure.

Abraços, Ana Lívia.

***Obrigatório**

1. Nome: *

Insira a foto do seu desenho para cada caso a seguir

1/4

Atividade- Aula 2

Observação: Não se esqueça que representamos as partículas apenas com um pontinho, como mostrado no desenho a seguir



2. Estado físico: Sólido *

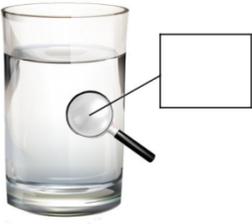


Arquivos enviados:

2/4

Atividade- Aula 2

3. Estado físico: Líquido *

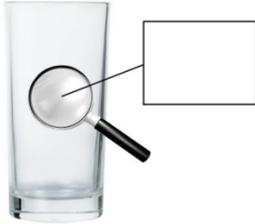


Arquivos enviados:

3/4

Atividade- Aula 2

4. Estado físico: Gás *



Arquivos enviados:

Google Formulários

4/4

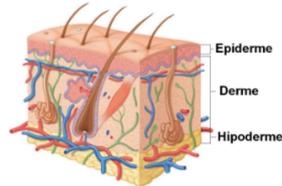
APÊNDICE C – Texto da aula 03 “O vapor ajuda na limpeza de pele?” (cada imagem corresponde a uma página)

TEXTO- AULA 3

O vapor ajuda na limpeza de pele?

A pele é o maior órgão do corpo humano e é essencial para a nossa saúde e bem estar geral. Ela é composta, basicamente, por três camadas: a **epiderme**, a **derme** e a **hipoderme**, como mostrado na figura a seguir.

Figura 1- Camadas da pele



Fonte: <https://www.anatomia-papel-e-caneta.com/sistema-tegumentar/> (adaptada)

TEXTO- AULA 3

Essas camadas atuam como uma barreira entre o mundo exterior e o interior do corpo, possuindo várias funções, dentre elas, temos:

- Armazenamento de nutrientes;
- Proteção contra o frio, calor e radiação.
- Regulação da quantidade de água
- Proteção contra pressão, golpes e abrasão (desgaste).
- Regulação da temperatura
- Proteção contra substâncias químicas
- Proteção imunológica contra vírus e bactérias

Preocupação da estética da pele.

Além de ser importante para manter suas funções de proteção, cuidar da pele também gera consequências na aparência das pessoas.

TEXTO- AULA 3

Quando você vai na farmácia, é possível encontrar diversos produtos dermatológicos de cuidados com a pele. Essa variedade é devido ao aumento da procura por tratamentos estéticos, pois nossa sociedade possui padrões de beleza, reforçados pelas mídias, que fazem muitas pessoas buscarem por uma aparência melhor. Nesse contexto, a indústria cosmética se desenvolveu muito, com objetivo de oferecer a essas pessoas produtos e tratamentos estéticos.

Limpeza de pele

Pensando na estética facial, um tratamento muito procurado por homens e mulheres é a limpeza de pele, que é simples e não invasiva.

TEXTO- AULA 3

Esse procedimento tem como objetivo a higienização profunda da pele, deixando ela limpa e saudável, pois a partir dela é possível remover as células mortas, retirar toxinas presentes, equilibrar o pH e diminuir a oleosidade. Normalmente, a limpeza é realizada por esteticistas e dermatologistas, que atendem, principalmente, pessoas que possuem problemas com acne, uma vez que esse método se mostrou muito eficaz no tratamento e prevenção dessa doença.

O procedimento da limpeza de pele conta com algumas etapas, sendo elas:

- **Higienização:** São utilizadas loções capazes de desengordurar a região, remover maquiagem ou qualquer tipo de cosmético.

TEXTO- AULA 3

Vaporização na limpeza de pele

Você pode observar que para realizar a limpeza de pele é necessário realizar várias etapas. Mas, o processo mais importante e que irá garantir que o procedimento seja efetivo é a **vaporização**, que ocorre na etapa de extração. Quando o vapor entra em contato com a pele, ele irá proporcionar a abertura dos poros, evitando que a remoção de cravos e outras impurezas seja forçada e ocasione traumas na pele.

Figura 2- Imagens de etapas da limpeza de pele



TEXTO- AULA 3

- **Esfoliação:** Nessa etapa, são utilizados produtos para afinar a camada mais superficial da pele e facilitar a retirada dos cravos e outras impurezas;
- **Extração:** Para realização da extração, a pele entra em contato com um vapor, que é ideal para abrir os poros e auxiliar na drenagem;
- **Aplicação de máscaras:** Uma máscara facial é aplicada para finalizar o tratamento. O mais comum é utilizar máscaras com efeito calmante, com objetivo de reduzir a irritação da pele possivelmente ocasionada com o tratamento.
- **Protetor solar:** Por fim, o profissional aplica o filtro solar sobre a pele, para proteger contra a radiação UV. O produto pode ser usado em forma de gel ou loção para não causar a obstrução dos poros.

TEXTO- AULA 3

- Para ler mais:

- 1- Mota JP, Barja PR. Classificação de Fototipos de Pele: Análise Fotoacústica Versus Análise Clínica. [Internet]. 2006 Mar [citado em 04 mai 2019]. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp072446.pdf>.
- 2- <https://www.eucerin.com.br/sobre-pele/conhecimentos-basicos-sobre-a-pele/estrutura-e-funcoes-da-pele>
- 3- Viana A. Passo a passo da Limpeza de pele Profissional. [Internet]. 2017 Mar [citado em 04 mai 2019]. Disponível em: <https://www.tuasaude.com/como-fazer-uma-limpeza-de-pele-profunda/>.
- 4- MAUAD, Raul. Estética e cirurgia plástica: tratamento no pré e pós operatório. 2 ed. São Paulo: SENAC, 2003.
- 5- <http://siaibib01.univaii.br/pdf/Delourdes%205chafascheck%20Schmitz,%20Lucia%20L.aurentino.pdf>
- 6- <http://siaibib01.univaii.br/pdf/Delourdes%205chafascheck%20Schmitz,%20Lucia%20L.aurentino.pdf>
- 7- <https://www.skinlaser.com.br/tempo-entre-limpeza-de-pele/#:~:text=Bastante%20conhecida%2C%20a%20limpeza%20de,concentra%C3%A7%C3%A3o%20de%20C3%B3leo%20nos%20poros.>
- 8- https://www.belezaextraordinaria.com.br/noticia/por-que-a-vaporizacao-e-essencial-na-limpeza-de-pele-entenda-a-melhor-forma-da-higiene-do-rost0_a14689/1
- 9- <https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/estetica/vaporizador-para-limpeza-de-pele-uma-nova-tecnica-que-utiliza-vapor/49644#:~:text=A%20vaporiza%C3%A7%C3%A3o%20para%20a%20limpeza,acnes%2C%20escama%C3%A7%C3%B5es%2C%20entre%20outros.>

TEXTO- AULA 3

Existem alguns tipos de vapores que são utilizados para esse procedimento, porém, o mais usual é o vapor de água, em vista do seu custo-benefício. Além de ser mais barato do que outros vapores, ele se mostra muito eficaz no procedimento.

Mas vamos voltar nosso foco agora para os vapores.

Afinal, o que é o vapor ?

Para começarmos essa discussão, responda o formulário no link a seguir:

<https://forms.gle/w2iiZ4NAziA2AM8UA>

APÊNDICE D – *Google Formulários* contendo atividade da aula 03

No texto sobre limpeza de pele, vimos que, na etapa mais importante desse procedimento, é necessário que a pele entre em contato com um vapor para abrir os poros e evitar possíveis lesões durante a extração. Sobre o vapor, responda às questões a seguir:

Questão 1. Em que situações você percebe o vapor no seu dia a dia?

Questão 2. Qual o estado físico do vapor?

Questão 3. Existe diferença entre gás e vapor? Se sim, quais são elas?

APÊNDICE E – Texto da aula 08 “Por que sentimos cheiros?” (cada imagem corresponde a uma página)

TEXTO- AULA 8

Por que sentimos cheiros?

O ser humano não possui um olfato muito apurado quando comparado com outros animais, mas mesmo assim, a sensibilidade desse sentido é incrível. Você já deve ter percebido isso quando passa próximo de um canteiro cheio de flores, não é preciso se aproximar muito para sentir o cheiro delas.



Ou então, quando uma pessoa está usando um perfume com um aroma agradável, você consegue sentir o cheiro mesmo estando a uma distância considerável.

TEXTO- AULA 8

Como sentimos os cheiros?

As grandes responsáveis pelos cheiros são as **moléculas odoríferas**, de forma que cada uma irá proporcionar uma sensação específica de odor. Existem milhares de moléculas que causam a sensação de odor, e quando ele é agradável, elas são chamadas de fragrâncias, podendo ser utilizadas em cosméticos e alimentos. Observe a tabela a seguir com alguns exemplos:

TEXTO- AULA 8

Quadro 1- Estruturas químicas e seus aromas característicos

Estrutura Química	Nome	Aroma Característico
	Vanilina	Baunilha
	Limoneno	Laranja
	Eugenol	Cravo da índia
	Cinamaldeído	Canela
	Ácido sulfídrico	Ovo podre
	Escatol	Cheiro de fezes
	Prídina	Peixe podre
	Ácido Valérico	Cheiro de chulé

Fonte: <http://www.ensinandoeaprendendo.com.br/quimica/quimica-cheiro-aroma/>

TEXTO- AULA 8

Os nomes podem assustar, mas não é tão complicado assim.

Imagine que temos uma lupa em que é possível enxergar as partículas. Quando as moléculas odoríferas, dispersas no ar, entram na cavidade nasal e estimulam as células sensoriais, um impulso nervoso é gerado. E esse impulso é interpretado pelo cérebro, dando a sensação do respectivo aroma.

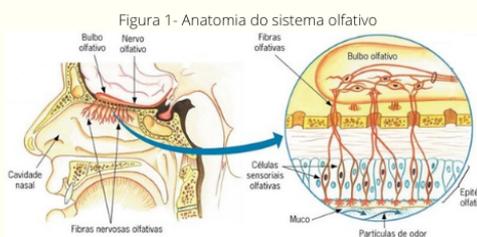
Sendo assim, concluímos que o cérebro é o responsável por identificar os cheiros, podendo também armazenar essa informação na sua memória. Isso permite que você reconheça e identifique os cheiros que sente.



TEXTO- AULA 8

Mas afinal, será que essas moléculas possuem cheiro ?

Para responder essa pergunta, precisamos entender a anatomia do nariz, porque ele é o principal órgão do sentido do olfato. A percepção dos odores ocorre graças a uma região localizada na parte superior das cavidades nasais chamada de epitélio olfativo. É possível encontrar nele células sensoriais especializadas chamadas de quimiorreceptores. Elas são caracterizadas por possuírem prolongamentos que ficam mergulhados no muco. Observe a figura a seguir:



Fonte: <https://www.anatomiaemfoco.com.br/olfato/> (adaptado)

TEXTO- AULA 8

Um exemplo é quando sentimos um perfume de uma pessoa na rua e automaticamente nosso cérebro nos faz lembrar de outra pessoa, que também usa esse perfume. Talvez, você lembre de alguém mais próximo, e a partir disso, tenha outras lembranças nostálgicas (boas ou ruins).

Resumindo: não é a molécula que possui cheiro, é a interação dela com os quimiorreceptores do nariz que fazem o cérebro interpretar a sensação de cheiros.

Mas como será que essas moléculas chegam até o nosso nariz ?

E será que todas as moléculas causam a sensação de odor ?

TEXTO - AULA 8

Mas, somente a volatilidade não é suficiente. Existem estudos que mostram que é necessário também que essas moléculas tenham uma pequena solubilidade em água, sendo essa a segunda condição.

Nós também conversamos sobre **solubilidade** na aula passada, que é uma propriedade física das substâncias de se dissolverem, ou não, em outra. Essa condição é importante pois o muco que reveste a região olfativa do nariz é uma solução aquosa de proteínas e carboidratos.

Mesmo havendo várias pesquisas que confirmam essas condições, o olfato ainda é o sentido menos conhecido pela Ciência, principalmente, por ser muito subjetivo (pessoal).

TEXTO - AULA 8

Nem toda molécula vai permitir que você sinta odores, já mencionamos que para acontecer isso, elas precisam interagir com os quimiorreceptores presentes no nariz e para isso é necessário algumas condições específicas.

A primeira condição é que essas moléculas sejam voláteis. Nós já falamos de **volatilidade** na aula passada, quando fizemos o experimento utilizando o esmalte. Um composto volátil é aquele que evapora facilmente, e essa condição é muito importante para sentirmos os cheiros, pois é dessa forma que as moléculas conseguem entrar na cavidade nasal.

TEXTO - AULA 8

Acredita-se que o homem seja capaz de distinguir cerca de 10 mil cheiros diferentes, mas sempre temos aqueles que são mais especiais para nós. Você já sabe quais cheiros gosta mais ?

Me conta nesta atividade 8, o link está a seguir:

<https://forms.gle/FFdajMQwcSujKcjK9>

TEXTO - AULA 7

• Para ler mais:

- 1- <http://www.ensinandoeaprendendo.com.br/quimica/quimica-cheiro-aroma/>
- 2- <https://escolakids.uol.com.br/ciencias/olfato.htm>
- 3- http://galileu.globo.com/edic/116/rep_perfumes3.htm
- 4- <https://www.todamateria.com.br/olfato/>
- 5- <https://www.anatomiaemfoco.com.br/olfato/>
- 6- <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0112-2.pdf>

APÊNDICE F – Google Formulários contendo atividade da aula 08

Questão 1. Os humanos conseguem identificar cerca de 10 mil cheiros diferentes, pois essas informações são armazenadas no nosso cérebro. Pense em um odor agradável que é marcante para você, pode ser qualquer coisa (perfume, comida, creme...). Qual o cheiro que você lembrou? Por que ele é marcante para você?

Questão 2. Para sentir esse aroma que você citou na questão anterior, é importante que as moléculas dessa substância satisfaçam duas condições. CITE quais condições são essas e EXPLIQUE por que elas são importantes.

Questão 3. Vamos desenhar! Você já sabe as condições necessárias para que a gente consiga sentir os cheiros. IMAGINE que você está passando perto de um canteiro com uma flor muito perfumada. Considerando que as moléculas são partículas, DESENHE como podemos sentir o cheiro dessa flor.

APÊNDICE G – Google Formulários contendo atividade da aula 09

11/10/2021 22:07 Atividade 9- Construção das moléculas

Atividade 9- Construção das moléculas

Olá, pessoal!

Na aula passada vocês leram o texto "Por que sentimos os cheiros?" e responderam as questões do formulário.

Nessa aula, vocês terão que construir 02 moléculas (água e propanona), utilizando uma das ferramentas sugeridas no tutorial da aula 8.

Assim que construírem, tirem print da tela do computador/celular com as moléculas e insiram a imagem nesse formulário.

OBS: quem quiser, pode me mandar no WhatsApp.

Qualquer dúvida, entrem em contato comigo.

Bons estudos!

***Obrigatório**

1. Nome *

2. Qual ferramenta você irá utilizar para construir as moléculas? *

Marcar apenas uma opção.

Site- Phet

Aplicativo- Molecular constructor

Vamos lá!

- Abra a ferramenta que você escolheu utilizar.

1º: monte uma molécula de água (H₂O) e tire foto/print da imagem.

2º: monte uma molécula de propanona (C₃H₆O) - Lembrando que ela possui 3 carbonos, 6 hidrogênios e 1 oxigênio- Tire foto/print da imagem.

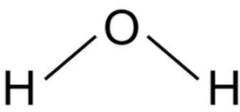
-Insira as imagens nos respectivos espaços abaixo.

Atividade 8- Construção das moléculas

1/2

Atividade 9- Construção das moléculas

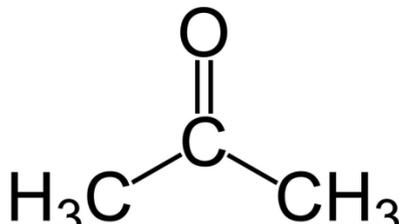
1º: Água



3. Insira aqui a foto da molécula de ÁGUA *

Arquivos enviados:

2º: Propanona (acetona)



4. Anexe aqui a foto da molécula de PROPANONA (acetona) *

Arquivos enviados:

2/2

APÊNDICE H – Google Formulários contendo avaliação da disciplina

Sobre a disciplina

Questão 1. A disciplina foi apresentada com objetivos claros?

Questão 2. Você gostou da temática da disciplina? (cosméticos)

Questão 3. Você acha que a disciplina foi relevante para sua formação?

Questão 4. Qual o grau de dificuldade da disciplina?

Questão 5. Durante a disciplina, você construiu várias representações (desenhos com partículas, moléculas em 3D, fórmulas estruturais...). No seu entendimento, por que é importante usar as representações na Ciência?

Questão 6. Você usou várias tecnologias educacionais. Selecione aquela(s) que você mais gostou:

- a) Aulas no *slide*
- b) Aplicativo *Molecular Constructor*
- c) *Edpuzzle*
- d) *Google Formulários*
- e) *Site Phet*
- f) Textos em PDF

Questão 7. O que mais te marcou na disciplina?

Sobre você (estudante)

Questão 8. Seu grau de entendimento nessa disciplina foi:

- a) Muito baixo
- b) Baixo
- c) Médio
- d) Alto
- e) Muito alto

Questão 9. Durante a disciplina, o seu esforço foi:

- a) Muito baixo
- b) Baixo
- c) Médio

- d) Alto
- e) Muito alto

Questão 10. Você adquiriu conhecimentos novos com a disciplina?

- a) Sim
- b) Não
- c) Talvez

Questão 11. Após cursar a disciplina, seu interesse pelo assunto aumentou?

- a) Sim
- b) Não
- c) Talvez

Sobre a professora

Questão 12. As aulas preparadas pela professora foram:

- a) Péssimas
- b) Ruins
- c) Médias
- d) Boas
- e) Excelentes

Questão 13. A explicação da professora sobre o conteúdo foi:

- a) Péssima
- b) Ruim
- c) Média
- d) Boa
- e) Excelente

Questão 14. A professora estimulou a participação dos estudantes durante as aulas?

- a) Sim
- b) Não
- c) Não sei opinar

Questão 15. A disponibilidade da professora fora do horário de aula foi:

- a) Muito baixa
- b) Baixa
- c) Média
- d) Alta
- e) Muito alta