

UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL
DIRETORIA ACADÊMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA

SAVANA DOS ANJOS FREITAS DONADELLO

UTILIZANDO A ANÁLISE GESTUAL PARA COMPREENDER A HERANÇA
SEMIÓTICA ENTRE DOCENTES E DISCENTES NO ENSINO DO ÁTOMO DE BOHR



Canoas, 2023

UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL
PRÓ-REITORIA ACADÊMICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA



SAVANA DOS ANJOS FREITAS DONADELLO

UTILIZANDO A ANÁLISE GESTUAL PARA COMPREENDER A HERANÇA
SEMIÓTICA ENTRE DOCENTES E DISCENTES NO ENSINO DO ÁTOMO DE BOHR

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil como requisito para obtenção do título de Doutora em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto

Canoas, 2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP

D674u Donadello, Savana dos Anjos Freitas.

Utilizando a análise gestual para compreender a herança semiótica entre docentes e discentes no ensino do átomo de Bohr / Savana dos Anjos Freitas Donadello. – 2023.

195 f. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Luterana do Brasil, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Canoas, 2023.

Orientador: Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto.

1. Análise gestual. 2. Teoria da subjetivação. 3. Semiótica. 4. Herança semiótica. 5. Átomo de Bohr. I. Andrade Neto, Agostinho Serrano de. II. Título.

CDU 800.95

SAVANA DOS ANJOS FREITAS DONADELLO

UTILIZANDO A ANÁLISE GESTUAL PARA COMPREENDER A HERANÇA
SEMIÓTICA ENTRE DOCENTES E DISCENTES NO ENSINO DO ÁTOMO DE BOHR

Tese apresentada no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil para obtenção do título de Doutora em Ensino de Ciências e Matemática.

Data de Aprovação: 25/04/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a. Carla Morais
Universidade do Porto

Prof.^a Dr.^a. Carmen Teresa Kaiber
Universidade Luterana do Brasil – ULBRA

Prof.^a Dr.^a. Jaqueline Santos Vargas Praça
Secretaria de Estado de Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Paulo Tadeu Campos Lopes
Universidade Luterana do Brasil – ULBRA

Prof. Dr. Orientador Agostinho Serrano de Andrade Neto
Universidade Luterana do Brasil – ULBRA

A meu avô, Paulino (in memoriam).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e à Nossa Senhora de Guadalupe pelo caminho que trilhei e pelas vivências que tive no decorrer desses anos. Foram aprendizagens muito além de um título, oportunizando para que eu crescesse como pesquisadora, professora e como pessoa.

Agradeço aos meus pais, Sonia e Marco Antônio, e ao meu mano, Marcos, pelo exemplo de pessoas e por todo amor e carinho durante esses anos. Foi tudo por vocês três.

Agradeço ao meu marido, Douglas, por me acompanhar, caminhar ao meu lado e me incentivar ao longo desses anos de pesquisa de doutorado.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto, por me apresentar os caminhos da pesquisa em ensino e estar presente há uma década em minha vida.

Agradeço ao Prof. Dr. Paulo Tadeu Lopes e às Prof.as Dras. Carla Morais, Jaqueline Vargas Praça e Carmem Kaiber, membros da Banca de Qualificação, por suas contribuições tão pertinentes, que foram um fator fundamental em meu trabalho.

Agradeço à Escola Estadual de Ensino Médio Felipe Camarão e, em especial, aos meus queridos alunos do ano de 2021, que foram os protagonistas dessa pesquisa do Ensino Médio.

Agradeço aos colegas do grupo de pesquisa pelas discussões e pelas contribuições ao longo desses anos. Aos meus colegas do PPGECIM e, em especial, à Camila e à Isadora.

Agradeço aos professores do PPGECIM, que contribuíram durante toda minha formação desde o mestrado.

Agradeço à CAPES pelo fomento dessa pesquisa.

E, por fim, agradeço a todos que, de uma maneira ou de outra, contribuíram em minha caminhada.

*Faz o que deves e está no que fazes.
Caminho, 815*

RESUMO

A presença de gestos em nossa vida é constante, servindo como ferramenta de expressão e comunicação. Na sala de aula, não é diferente, e os gestos podem contribuir para uma melhor compreensão do pensamento dos alunos, complementando a comunicação verbal. Esta tese de doutorado tem como objetivo investigar se os gestos do professor podem gerar uma herança semiótica nos alunos durante o processo de ensino em sala de aula. A pesquisa foi conduzida em uma escola pública estadual no Vale do Caí/RS, com três turmas do primeiro ano do ensino médio, sendo uma turma piloto e duas turmas experimentais. Utilizou-se uma abordagem qualitativa, decodificando-se a linguagem verbal e gestual dos professores e alunos para identificar uma possível herança semiótica do docente para os discentes. A literatura na área de ensino que aborda a presença de gestos na sala de aula foi revisada e instigou a presente pesquisa. A Teoria da Objetivação de Radford e a da Semiótica, de Charles Peirce, foram adotadas como referenciais teóricos para compreender os gestos como recursos semióticos no processo de ensino e aprendizagem dos discentes. A partir da articulação das duas teorias, compreende-se que os gestos refletem os signos internos dos processos mentais dos alunos. A pesquisa foi dividida em duas partes distintas: a primeira parte com as bases teóricas e a segunda com o desenvolvimento da pesquisa. A intervenção didática aconteceu durante oito aulas consecutivas, com gestos docentes diferentes, previamente escolhidos para as diferentes turmas, sendo o principal recurso semiótico da pesquisa. As atividades desenvolvidas incluíram explicações teóricas, elaboração de maquetes, jogo educacional e simulação computacional. Os resultados foram analisados por meio de dados coletados em entrevistas conduzidas pelo método *Report Aloud*, do diário de campo da professora-pesquisadora, do roteiro realizado pelos alunos na simulação computacional e do questionário. Os resultados mostraram que, a partir da intervenção didática com as duas turmas experimentais, com gestos docentes distintos, alguns gestos geraram uma herança semiótica nos gestos dos alunos. Foi possível observar que alguns gestos docentes específicos foram assimilados e reproduzidos pelos alunos quando resolviam problemas, enquanto outros não. Além disso, a partir das entrevistas, do diário de campo, do questionário e dos demais materiais utilizados para a coleta de dados, foi possível verificar os processos de objetivação e de subjetivação. Os resultados evidenciam que os gestos realizados pelo docente no transcorrer das aulas constituem uma verdadeira herança semiótica para os alunos, mas que isso pode variar de acordo com o conceito desenvolvido em aula.

Palavras-chave: análise gestual; teoria da objetivação; semiótica; herança semiótica; átomo de Bohr.

ABSTRACT

Gestures are present in different moments of our lives, serving as a tool for expression and communication. In the classroom, it is no different, and gestures can contribute to a better understanding of students' thoughts, complementing verbal communication. This doctoral thesis aims to investigate whether teacher gestures can generate a semiotic inheritance in students during the teaching process in the classroom. The research was conducted in a state public school in Vale do Caí/RS, Brazil, with three classes of first-year high school students, including a pilot class and two experimental classes. A qualitative approach was used to decode the verbal and gestural language of teachers and students to identify a possible semiotic inheritance from the teacher to the students. Literature in the area of teaching that addresses the presence of gestures in the classroom was reviewed and instigated the present research. The Theory of Objectification and Semiotics of Charles Peirce was adopted as a theoretical reference to understand gestures as semiotic resources in the process of teaching and learning of students. From the articulation of both theories, it is understood that gestures reflect the internal signs of students' mental processes. The research was divided into two distinct parts: the first part with the theoretical bases, and the second with the development of the research. The didactic intervention took place during eight consecutive classes, with different teacher gestures previously chosen for the different classes, being the main semiotic resource of the research. The activities developed included theoretical explanations, model building, educational game, and computer simulation. The results were analyzed through data collected in interviews conducted by the Report Aloud method, the teacher-researcher's field diary, the script performed by the students in the computer simulation, and the questionnaire. The results showed that, from the didactic intervention with the two experimental classes, with different teacher gestures, some gestures generated a semiotic inheritance in the students' gestures. It was possible to observe that some specific teacher gestures were assimilated and reproduced by students when solving problems, while others were not. In addition, from the interviews, the field diary, the questionnaire, and other materials used for data collection, it was possible to verify the processes of objectification and subjectification. The results provide evidence that the gestures performed by the teacher during classes constitute a true semiotic inheritance for students, but that this may vary according to the concept developed in class.

Keywords: gesture analysis; objectification theory; semiotics; semiotic inheritance; Bohr atom.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Procedimentos da pesquisa.....	22
Figura 2 – Alunos demonstrando que estratégias utilizariam para igualarem uma equação	31
Figura 3 – Aluno explicando sobre o modelo de Bohr por meio de palavras e gestos ..	34
Figura 4 – Aluno gesticulando sobre a Lei de Newton com seus colegas.....	39
Figura 5 - Representação das professoras ensinando em uma disciplina de Química Orgânica por meios semióticos	41
Figura 6 - Teoria da Objetivação	59
Figura 7 – Imagem representando o conceito de signo	63
Figura 8 – Divisão dos signos por Peirce	65
Figura 9 – Tipologia dos gestos de acordo com McNeill (2000).....	72
Figura 10 – Síntese da metodologia de pesquisa	79
Figura 11 – Síntese da técnica <i>Report Aloud</i>	85
Figura 12 – Imagem da E.E.E.M. Felipe Camarão	87
Figura 13 – Síntese das aulas sobre o átomo de Bohr	90
Figura 14 – Alunos jogando <i>Kahoot</i>	93
Figura 15 – Imagem da tela sobre como funciona o jogo <i>Kahoot</i>	93
Figura 16 – Alunos construindo seu modelo de Bohr.....	94
Figura 17 - Alunos construindo seu modelo de Bohr.....	94
Figura 18 – Alunos construindo seu modelo de Bohr.....	95
Figura 19 – Alunos construindo seu modelo de Bohr.....	95
Figura 20 – Alunos utilizando a simulação <i>The Bohr Atom</i>	97
Figura 21 – Tela da simulação computacional <i>The Bohr Atom</i>	97
Figura 22 – Catálogo dos gestos da turma A	100
Figura 23 – Catálogo dos gestos da turma B	101
Figura 24 – Catálogo dos gestos dos alunos	102
Figura 25 – Gesto referente as órbitas.....	106
Figura 26 – Representação do modelo de Bohr por um grupo de alunos	107
Figura 27 – Aluna A17 gesticulando ao falar sobre o átomo	108
Figura 28 – Aluna A3 gesticulando sobre o átomo	109

Figura 29 – Aluna A3 gesticulando ao falar sobre o elétron saltando	110
Figura 30 – Trabalho que os alunos fizeram em aula	111
Figura 31 – Trecho do diário de campo.....	111
Figura 32 – Caderno da aluna A1	113
Figura 33 – Aluno A29 gesticulando ao falar do átomo.....	114
Figura 34 – Aluno A29 mostrando como imagina o núcleo e o elétron	115
Figura 35 – Imagem dos <i>slides</i> e da tela da simulação computacional.....	116
Figura 36 – Trecho do diário de campo da professora-pesquisadora	117
Figura 37 – Aluna A28 gesticulando ao falar do elétron circulando.....	118
Figura 38 – Aluna A25 gesticulando ao falar sobre o núcleo e a professora em aula..	119
Figura 39 – Aluna A25 gesticulando ao falar sobre a movimentação do átomo.....	119
Figura 40 – Aluna A24 gesticulando sobre as órbitas	120
Figura 41 – Trecho do diário de campo da professora-pesquisadora	121
Figura 42 – Aluna A4 realizando o gesto do elétron.....	123
Figura 43 – Gestos da aluna e da docente	124
Figura 44 – Roteiro da simulação computacional de um aluno	124
Figura 45 – Trecho da simulação computacional	125
Figura 46 – Aluno A5 realizando o gesto do elétron.....	126
Figura 47 – Gestos da docente sobre a movimentação do elétron	126
Figura 48 – Aluno A10 realizando o gesto sobre o elétron.....	127
Figura 49 – Gesto da docente sobre o elétron	127
Figura 50 – Gesto do elétron do aluno A12.....	128
Figura 51 – Gesto do elétron da aluna e da docente	129
Figura 52 – Aluna A16 explicando sobre o átomo de Bohr	130
Figura 53 – Aluna realizando o gesto do elétron	130
Figura 54 – <i>Gif</i> sobre o átomo de Bohr	131
Figura 55 – Trecho do roteiro da simulação computacional.....	132
Figura 56 - Trecho do roteiro da simulação computacional.....	132
Figura 57- Gesto do elétron da discente e docente.....	133
Figura 58 – Gesto do elétron se movimentando na órbita pela discente.....	134
Figura 59 – Gesto do elétron se movimentando na órbita pela docente	134

Figura 60 – Alunos elaborando a maquete do Átomo de Bohr.....	135
Figura 61 – Gesto do fóton pela discente.....	139
Figura 62 – Gesto do fóton pela docente	139
Figura 63 – Resposta do roteiro da simulação computacional de um grupo de alunos	140
Figura 64 – Aluna A24 gesticulando quando fala sobre o fóton	141
Figura 65 – Parte do roteiro da simulação computacional de uma aluna.....	141
Figura 66 – Gesto do discente A5.....	142
Figura 67 – Trecho do roteiro da simulação computacional e tela da simulação computacional	143
Figura 68 – Gesto do discente A5.....	144
Figura 69 – Aluno A7 realizando o gesto do fóton.....	145
Figura 70 – Gesto sobre quantização de energia.....	146
Figura 71 – <i>Slides</i> utilizados em aula.....	148
Figura 72 – Gesto do aluno A12 sobre o fóton.....	149
Figura 73 – Aluna A18 realizando o gesto do fóton.....	150
Figura 74 – Maquete elaborada por um grupo de alunos.....	151
Figura 75 – Simulação computacional – fóton.....	152
Figura 76 – Trecho do roteiro da simulação computacional.....	152
Figura 77 – Gesto do fóton da aluna A20.....	153
Figura 78 – Gesto da docente sobre o fóton	154
Figura 79 – Alunos elaborando o Átomo de Bohr com arames e a lanterna	155
Figura 80 – <i>Slide</i> utilizado na explicação sobre o fóton	156
Figura 81 – Imagem do fóton na simulação computacional	156
Figura 82 – Peixes elétricos de um desenho animado.....	157
Figura 83 – Algumas respostas do questionário	161
Figura 84 - Algumas respostas do questionário	161
Figura 85 - Algumas respostas do questionário	162
Figura 86 – Trecho do diário de campo da professora-pesquisadora	163

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cronograma da pesquisa em sala de aula.....	89
Tabela 2 – Perguntas realizadas no jogo <i>Kahoot</i>	92

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	19
1.2 OBJETIVO GERAL	19
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2 REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 LINGUAGEM E GESTOS: HISTORICIDADE E CARACTERÍSTICAS	24
2.2 OS GESTOS E O PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM	28
2.3 GESTOS NAS SALAS DE AULA DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA: PESQUISAS REALIZADAS DOS ANOS INICIAIS AO NÍVEL SUPERIOR	30
3 REFERENCIAL TEÓRICO: UM CAMINHO DA TEORIA DA OBJETIVAÇÃO ATÉ OS RECURSOS SEMIÓTICOS	44
3.1 TEORIA DA OBJETIVAÇÃO	44
3.1.1 Processos de objetivação e processos de subjetivação	47
3.1.2 Labor conjunto	51
3.1.3 Ética Comunitária	53
3.1.4 Saber e conhecimento	55
3.1.5 Aprendizagem	57
3.2 SEMIÓTICA: ESTUDANDO AS LINGUAGENS DA HUMANIDADE	60
3.2.1 Signo: suas divisões e objetos	61
3.2.2 Divisão das relações triádicas	64
3.2.3 Uma tricotomia dos signos	65
3.2.4 Uma segunda tricotomia dos signos	67
3.2.5 Uma terceira tricotomia dos signos	68
3.3 PERSPECTIVAS SEMIÓTICAS NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM: A SEMIÓTICA A PARTIR DA TEORIA DA OBJETIVAÇÃO	69
4 METODOLOGIA: DELINEAMENTOS TEÓRICOS E DE PESQUISA	78
4.1 DELINEAMENTO METODOLÓGICO: BASES TEÓRICAS ADOTADAS	79
4.1.1 Coleta de dados	82
4.1.2 Report Aloud	84
4.2 DELINEAMENTO METODOLÓGICO: DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	85

4.2.1 Cenário da pesquisa	85
4.2.2 Sujeitos da pesquisa.....	87
4.3 DESCRIÇÃO DAS AULAS – ÁTOMO DE BOHR.....	90
4.3.1 Aula teórica (aula 1 e aula 2)	91
4.3.2 Jogo <i>Kahoot</i> (aula 3 e aula 4).....	91
4.3.3 Construção do átomo de Bohr (aula 5 e aula 6)	94
4.3.4 Simulação computacional (aula 7 e aula 8).....	96
5 ANÁLISE DE RESULTADOS	98
5.1 EPISÓDIOS.....	99
5.1.1 Episódio I – Átomo de Bohr	103
5.1.2 Episódio II – Elétron.....	122
5.1.3 Episódio III - Fóton	137
5.2 CONSIDERAÇÕES ACERCA DOS RESULTADOS.....	159
CONSIDERAÇÕES FINAIS	165
REFERÊNCIAS.....	169
APÊNDICES	174
APÊNDICE A - APRESENTAÇÃO EM SLIDES – ÁTOMO DE BOHR	175
APÊNDICE B – ROTEIRO – SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL.....	176
APÊNDICE C – RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS VIA <i>GOOGLE FORMS</i>.....	181
APÊNDICE D -TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	187
APÊNDICE E - TERMO DE COMPROMISSO PARA UTILIZAÇÃO DE DADOS	190
APÊNDICE F – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	191
APÊNDICE G – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM, NOME E VOZ.....	193

INTRODUÇÃO

Será que existem mais ferramentas presentes na sala de aula que podem contribuir no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes que ainda não são conhecidas e utilizadas? Será que os olhares, as expressões faciais e corporais e os gestos não trariam contribuições relevantes na área de ensino, visto serem ações naturais e espontâneas dos seres humanos? Diante desses questionamentos, a presente tese de doutorado visa a apresentar uma pesquisa que busca investigar se os gestos docentes podem gerar nos discentes uma herança semiótica¹ durante o processo de ensino em sala de aula.

Este tema surgiu a partir da pesquisa realizada pela professora-pesquisadora no seu mestrado (2017-2019), em que, após as primeiras leituras da revisão de literatura para elaboração de seu projeto de doutorado, percebeu que poderia ir além de apenas pesquisar sobre os gestos discentes. De forma sucinta, a conclusão realizada pela pesquisa de mestrado da proponente foi que diversas *mediações* – por assim dizer, compõem as imagens mentais utilizadas por estudantes ao responderem perguntas sobre o modelo do átomo de Bohr.

Uma das mediações estudadas foi a mediação social, na qual a fonte principal de informações que compuseram as imagens mentais analisadas em discentes partiu do docente em sala de aula. Durante o mestrado, apenas registrou-se o papel do gesto docente, sem aprofundar o teor e como esses gestos atuaram na composição das imagens mentais dos discentes.

Sendo assim, ao proceder à revisão de literatura para compor a temática da tese, a pesquisadora se interessou pela possibilidade de análise gestual também dos docentes. Dessa forma, pretendeu-se acompanhar a professora-pesquisadora em sala de aula e verificar suas expressões corporais no decorrer de suas explicações, pois quando as pessoas falam, elas gesticulam, e esses gestos, frequentemente, revelam

¹ Herança semiótica foi o conceito criado pelos autores com o intuito de compreender se os gestos docentes deixam algum resquício na aprendizagem dos discentes. A herança semiótica são os gestos – signos – herdados a partir dos gestos realizados pelo docente em sala de aula. O signo é, conforme Peirce (2015), a capacidade de significar algo para alguém.

informações que não podem ser encontrados na fala. E os alunos – e docentes – não são exceção.

Conforme Goldin-Meadow (2017), os gestos produzidos por um aluno podem indexar momentos de instabilidade conceitual e os professores podem usá-los para obter acesso a um pensamento dele. Os alunos também podem descobrir novas ideias a partir dos gestos que produzem durante uma aula ou pelos gestos que eles veem seus professores produzir. O gesto, portanto, tem o poder não apenas de refletir a compreensão de um aluno a respeito de um problema, mas de mudar sua compreensão.

Todavia, a partir da revisão de literatura dessa tese, surgiram outros questionamentos para refletir. E o papel da gesticulação entre docente e discente? Como se constitui um canal de comunicação importante para o ensino-aprendizagem em sala de aula? Como os gestos podem auxiliar no ensino? Existem pesquisas, no âmbito educacional, na área dos estudos sobre gestos e ensino?

Diante desses questionamentos, a pesquisa foi se delineando e a busca por uma tese que trouxesse algo relevante e inédito para a área de Ciências e Matemática foi se formando. Assim, o primeiro capítulo da tese é composto pela “*Revisão de literatura*”, que teve o objetivo de realizar uma revisão de literatura a respeito dos gestos como um auxílio para o processo de ensino-aprendizagem, tanto pelo meio histórico e suas características quanto a partir de estudos aplicados em sala de aula, em todos os níveis de ensino, possibilitando, assim, apresentar as contribuições e os desafios que essa ferramenta pode oferecer para o ensino de Ciências e Matemática.

A primeira parte deste capítulo discorre sobre o histórico dos gestos e os principais conceitos e características que lhes são atribuídos. Após, uma visão por meio de duas pesquisas sobre a articulação entre os gestos e o ensino; e, por fim, pesquisas em salas de aula trazendo as limitações, os desafios e os subsídios para o ensino.

O segundo capítulo abordará o “*Referencial teórico: um caminho da teoria da Objetivação até os recursos semióticos*”. A Teoria da Objetivação (Radford, 2020) emergiu por meio da revisão de literatura, pois se mostrou complementar e auxiliar nos estudos dos gestos por meio da semiótica e de sua definição de recursos semióticos. Sabe-se que a presente tese visa a desvendar a presença dos gestos docentes no

processo de ensino-aprendizagem, porém, é necessário compreender como esses gestos podem ser vistos e trabalhados.

Assim, por meio da revisão de literatura, encontrou-se a Teoria da Objetivação, que faz uma articulação com a Semiótica. Nessa tese, optou-se em trazer a semiótica de Peirce, pois a partir de seus fundamentos, intenta-se responder perguntas e orientar a pesquisa. A Semiótica foi um assunto que surgiu por meio dos primeiros debates na elaboração do projeto de pesquisa e que agradou pelo seu desafio de ser desenvolvido na área de Ensino de Ciências e Matemática. Além disso, por ser algo que está presente natural e espontaneamente em nossas vidas – assim como os gestos.

Portanto, o segundo capítulo abordará, primeiramente, a “*Teoria da Objetivação*”, explanando seus principais conceitos sobre os processos de objetivação e de subjetivação, tal como os conceitos norteadores da teoria: saber, conhecimento e aprendizagem. A teoria da Objetivação é baseada em Marx (que traz que os seres humanos não podem ser dissociados da sociedade), Hegel (que reflete aquilo que se revela à consciência), Leontiev (que inspirou o labor conjunto por meio de sua Teoria da Atividade) e, por fim, em Vygotsky (que reflete a reação entre desenvolvimento e aprendizagem e que tudo depende do seu contexto social, cultural e histórico).

A partir desses fundamentos, a Teoria da Objetivação, que é uma teoria sociocultural, reflete que podem existir dois processos de ensino-aprendizagem, o processo de objetivação e o processo de subjetivação. A aprendizagem é o resultado dos processos de objetivação, nos quais um processo de objetivação é infinito, assim como a aprendizagem. E, a partir do processo de objetivação, acontecem os processos de subjetivação. Esse processo é algo potencial, no qual é posto em movimento, elaborando subjetividade. Após a apresentação dessa teoria, será explanado sobre a Semiótica de Charles Peirce.

Para melhor compreensão da presente tese, a próxima seção explanará sobre a “*Semiótica: estudando as linguagens da humanidade*”. A semiótica, ciência dos signos, é algo que ainda está nascendo e está em processo de crescimento. Um território do saber e do conhecimento que ainda não está sedimentado, no qual indagações e investigações estão em constante processo (SANTAELLA, 2012). Com o intuito de abordar os estudos da semiótica desde os primórdios, trilhou-se o caminho lembrando as primeiras formas

de expressão do homem, tal como sua modificação de se expressar e de se comunicar por meio das evoluções da sociedade (PEIRCE, 2015).

O homem sempre utilizou diferentes recursos para se manifestar, seja por meio de danças, pinturas, músicas, palavras ou gestos. Conseqüentemente, surgiu a semiótica, com o objetivo de olhar e compreender o mundo por meio dela, sendo uma ciência dos signos, a ciência geral de todas as linguagens.

Sendo assim, a primeira seção deste capítulo traz o convite à reflexão de como as pessoas se expressam e de que forma isso pode ser importante nas salas de aula, afinal, o comunicar é algo tão natural, espontâneo e encontra-se no cotidiano dos seres humanos. Posteriormente, aborda-se sobre o signo, conceito central da Semiótica de Charles Peirce, e seus objetos. Essa subseção apresenta a definição de signo, tal como sua relevância para a semiótica. Ademais, seguem-se as divisões das relações triádicas do signo.

Findando a parte teórica dessa tese, se abordará sobre as “*Perspectivas semióticas no processo de ensino-aprendizagem: a semiótica a partir da teoria da objetivação*”. Essa seção articulará a teoria da objetivação e a semiótica, buscando, assim, explanar sobre como os signos são elementos essenciais do labor conjunto, visto que o labor conjunto proporciona a materialização do saber e direciona para uma aprendizagem. Esta seção tem o intuito de aproximar a teoria da prática no âmbito educacional, trazendo exemplos e ações que possam vir a contribuir na compreensão da escolha dessas teorias e qual o papel delas na presente pesquisa.

Ao concluir o referencial teórico, será explanado sobre a “*Metodologia da pesquisa: delineamentos teóricos e delineamentos de pesquisa*”. Os delineamentos teóricos expõem o cenário da pesquisa e de que maneira aconteceu a coleta de dados mediante uma pesquisa qualitativa, fundamentada em Erickson (1986). As entrevistas, principal instrumento de coleta de dados, ocorreram segundo o protocolo *Report Aloud* (Trevisan *et al.*, 2019) e foram analisadas conforme a Teoria da Objetivação (Radford, 2021) e demais pesquisadores que a utilizaram em suas pesquisas, como Arzarello (2006) e Sabena (2008).

Os delineamentos de pesquisa esclarecem de que maneira aconteceu a pesquisa dentro da sala de aula, os quais apresentam as aulas teóricas realizadas, tal como o jogo,

a maquete construída e a utilização da simulação computacional, que foram realizadas por meio de atividades em grupo, conforme o labor conjunto Radford (2021).

Após, os “*Resultados e Análise de pesquisa*” são apresentados por meio de excertos das entrevistas, de figuras ilustrando os gestos da docente e dos discentes, tal como as relações que puderam ser feitas por meio da leitura do referencial teórico, a fim de alcançar o objetivo proposto.

Assim, para melhor compreensão e clareza desta pesquisa de doutorado, a seguir, são expostos o problema de pesquisa, o objetivo geral e, posteriormente, os objetivos específicos.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A análise gestual pode auxiliar na compreensão de uma herança semiótica durante o processo de ensino-aprendizagem do átomo de Bohr entre docentes e discentes?

1.2 OBJETIVO GERAL

Investigar os gestos produzidos pelos discentes buscando identificar uma possível herança semiótica docente durante o processo de ensino-aprendizagem do átomo de Bohr.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos, elencou-se:

- a) realizar uma intervenção didática com duas turmas, em que gestos produzidos pelo docente, de forma controlada e diferenciada entre as turmas, são utilizados;
- b) mapear os gestos produzidos pelos discentes, após interação social com o docente, por meio da análise gestual;
- c) levantar quais gestos são idênticos aos produzidos pelo docente em sala de aula;

d) identificar as instâncias de herança semiótica para os discentes de cada uma das turmas;

e) verificar se houve processos de objetivação e de subjetivação após o *labor conjunto*.

Desta forma, diante do objetivo geral e dos objetivos específicos propostos, a tese foi elaborada e aplicada no ano de 2021, com alunos do primeiro ano do ensino médio de uma escola pública estadual do Vale do Caí/RS, a fim de, por meio dos delineamentos metodológicos, alcançar os objetivos, responder à pergunta de pesquisa e contribuir com algo inédito e de relevância para o ensino de Ciências e Matemática.

No próximo capítulo, será abordada a revisão de literatura que inspirou e instigou esta investigação, mostrando desde a essência do estudo dos gestos até a contemporaneidade, com distintas pesquisas na sala de aula, sendo estas que imprimiram a atual pesquisa de doutorado, ora apresentada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O desenvolvimento de pesquisas baseadas na análise de gestos é promissor, uma vez que o uso de gestos na educação ainda é pouco pesquisado e é um tema relativamente novo (FLOOD *et al.*, 2014). Também pode-se inferir o quanto o gesto pode ajudar e contribuir no processo de aprendizagem, já que está naturalmente presente em nosso cotidiano, constituindo - entre outras formas - um canal de comunicação entre o tutor mais capaz e o aprendiz, um canal que não é adequadamente discutido pela maioria das teorias de aprendizagem.

No entanto, o que acontece no papel dos gestos entre um professor e seus alunos quando se trata de ensinar e aprender? O que constitui um importante canal de comunicação para o ensino e aprendizagem em sala de aula? Como os gestos podem ajudar no ensino? Há pesquisas em educação na área de análise e ensino do gesto? Imbuída dessas questões, foi realizada uma revisão de literatura trazendo os aspectos mais relevantes e as pesquisas relacionadas à educação sobre esse tema. Com base nestas questões, a revisão de literatura, que será apresentada no decorrer deste capítulo, dois, procura responder à seguinte questão, que, de uma forma geral, sintetiza os nossos objetivos: *“Qual é a contribuição dos gestos (comunicação não verbal) para o processo de ensino e aprendizagem?”*

Os gestos abordados na presente pesquisa são aqueles executados de forma natural e espontânea pelos alunos a partir do momento em que os gestos são utilizados para explicar conceitos e palavras. O objetivo desta revisão de literatura é levantar evidências, tanto na literatura educacional brasileira quanto na internacional, da contribuição dos gestos para os processos de ensino e aprendizagem, bem como a evolução desse campo específico de pesquisa

Para bem realizar a presente revisão de literatura, escolheu-se quatro bases de dados: *Eric*, *Scopus*, *Google Scholar* e *Periódicos Capes*. Nessas quatro bases de dados, foram utilizados os seguintes termos de busca: “gestos” + “aprendizagem” e, nessas quatro plataformas de busca foi selecionado o período de busca entre 2000 e 2019 – porém, vale ressaltar que, no decorrer dos quatro anos da pesquisa de doutorado, ocorre

a continuação e a atualização das pesquisas, então, o período mencionado se refere ao primeiro momento de construção e delineamento da pesquisa.

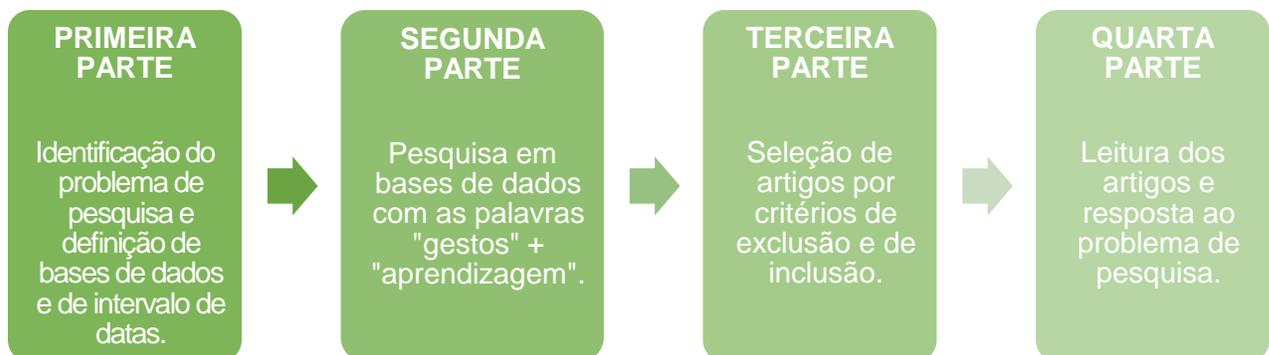
A escolha dessas bases de dados se deu pelo fato de que todas as quatro permitem a análise de métricas de citação por autor, como a definição da data de publicação dos artigos. Esses foram os critérios para escolher *Eric*, *Scopus*, *Google Scholar* e *Periódicos Capes*.

A figura 1, a seguir, mostra os procedimentos de busca utilizados. O primeiro passo foi, após definir o problema de busca (discutido acima), definir quais bases de dados, os termos de busca (palavras-chave) e o período de busca.

Após delimitar a pesquisa, a segunda parte consistiu na busca, propriamente dita, de pesquisas relacionadas ao tema central. Assim, foram utilizados os termos "gestos" + "aprendizagem" nas quatro bases de dados.

A terceira parte foi o momento em que selecionamos os artigos por meio dos critérios de exclusão e inclusão, que serão descritos na tabela 1 (página 88). Por fim, a última etapa da pesquisa foi a leitura na íntegra dos artigos para construção desta revisão sistemática da literatura.

Figura 1 - Procedimentos da pesquisa



Fonte: A autora (2022).

Assim como Pereira *et al.* (2019), optou-se por realizar duas fases para inclusão ou exclusão dos artigos selecionados durante a revisão da literatura. A primeira parte consistiu em identificar qual seria o objetivo da pesquisa; em seguida, definir nosso problema de pesquisa – que nos guiaria durante todo o processo de pesquisa da revisão

de literatura – e, posteriormente, definir quais seriam as bases de dados e o período que seria pesquisado para atingir o objetivo proposto.

A segunda parte consistiu na busca nas bases de dados previamente selecionadas – *Eric*, *Scopus* e *Google Scholar* – utilizando os seguintes termos: "gestos" + "aprendizagem", pois esses dois termos levariam a encontrar as buscas relacionadas ao nosso objetivo. Esse processo resultou em um total de 69 artigos.

A terceira parte foi o momento de selecionar os artigos por meio dos critérios de exclusão e inclusão que foram definidos pela pesquisadora e seu orientador. Definiu-se três critérios de inclusão e três critérios de exclusão. Os critérios de inclusão foram: a) ser escrito em português, inglês ou espanhol; b) conter evidências do uso de gestos no processo de ensino e aprendizagem no resumo; c) preferência por pesquisas que tenham sido aplicadas em sala de aula.

Já os critérios de exclusão foram: a) artigos não revisados por pares; b) pesquisas que não trouxeram contribuições para a investigação do uso espontâneo de gestos no processo de ensino e aprendizagem; c) não continham as palavras “gestos” ou “aprender” ou “ensinar” nas palavras-chave.

Esses critérios foram elaborados com um olhar direcionado que contribuiria para a aproximação de uma resposta referente ao problema de pesquisa que norteia esta revisão de literatura.

Muitos dos artigos selecionados, embora analisassem a produção de gestos, não necessariamente abordavam gestos espontâneos feitos quando conceitos ou relações espaciais estavam sendo explicados², logo, foram desconsiderados.

Portanto, a última parte consistiu em fazer uma discussão dos principais artigos selecionados para expor em uma seção do presente capítulo da tese – aqueles que, de fato, contribuem para responder à questão de pesquisa da revisão de literatura e que instigaram a pesquisa da tese indicando meios, desafios e novas propostas didáticas sobre o uso dos gestos no processo de ensino-aprendizagem.

² É importante esclarecer aqui que há um tipo específico de gesto que esta contribuição aborda. Para o ensino, os gestos cruciais ao explicar conceitos ou relações espaciais são o que Stephens e Clement (2010) chamaram de gestos descritivos – e não indicativos, gestos estáticos e gestos dinâmicos. A produção de gestos descritivos já está documentada para ser produzida durante processos de visualização interna que são cruciais para a conceituação, especialmente nos campos da ciência e da matemática.

Assim, neste capítulo da tese, separou-se a revisão de literatura em três seções distintas. A primeira delas aborda a historicidade e as características dos gestos com o auxílio de duas obras de Kendon (2000, 2004). O intuito dessa primeira seção é expor os princípios do estudo dos gestos na humanidade com o olhar de um dos principais pesquisadores nesse ramo, que trouxe contribuições significativas para a área das linguagens e, principalmente, dos gestos.

Na segunda seção, optou-se por abordar, a partir do encontro de duas pesquisas (Goldin-Meadow, 2017; Chu; Kita, 2016) advindas da revisão de literatura, os gestos no processo de ensino-aprendizagem. Essa seção teve como objetivo conversar sobre como a comunicação não verbal – os gestos – está presente nas salas de aula e de que maneira ela pode vir a contribuir para a compreensão da relevância do estudo dos gestos no âmbito educacional, a fim de que, a partir dessas duas seções anteriores, o leitor possa vir a compreender melhor a relevância das pesquisas até então realizadas sobre os gestos na sala de aula, por meio da última seção que traz uma discussão sobre pesquisas em ensino sobre a utilização dos gestos.

A última seção, apresentada neste capítulo, traz essa conversa entre diferentes pesquisas de ensino sobre os gestos na sala de aula. Esta última seção retrata a essência da presente pesquisa de doutorado, evidenciando onde surgiu o interesse, a motivação e o desafio de compreender qual é a real contribuição da comunicação não verbal – os gestos – no processo de ensino-aprendizagem.

2.1 LINGUAGEM E GESTOS: HISTORICIDADE E CARACTERÍSTICAS

Os seres humanos, por vontade própria ou não, informam-se continuamente sobre suas intenções, interesses, pensamentos e sentimentos por meio de ações corporais visíveis. Consoante Kendon (2004), é mediante a orientação do corpo e, especialmente, dos olhos, que informações são fornecidas sobre a natureza e a direção da atenção de uma pessoa. A maneira como as pessoas organizam seus corpos e como elas os colocam em relação um ao outro ou, ainda, as características do ambiente, fornecem informações extremamente importantes a respeito da forma com que elas estão envolvidas, bem como a natureza de suas intenções, atitudes e pensamentos.

Se repararmos nos rostos, gestos e olhares das pessoas, eles irão nos trazer evidências de ações puramente expressivas, demonstrando sentimentos e emoções, tal como ações que, muitas vezes, desempenham um papel central na realização de momentos importantes na interação social. Uma saudação, demonstrando gratidão ou afeto, desafio, ameaça, submissão, cumprimento, tudo é realizado por meio de uma variedade de ações expressivas diferentes (KENDON, 2004).

Muitas pessoas e, principalmente, crianças, referem-se a algo apontando para ele, podendo empregar as mãos em ações complexas organizadas, a fim de mostrar como é algo, indicar seu tamanho ou forma, sugerir uma forma, objeto ou processo pelo qual uma ideia abstrata é ilustrada. Ainda, podem mostrar, por meio de ações corporais visíveis, que estão fazendo uma pergunta, um apelo, propondo uma hipótese, duvidando da palavra de outra, negando algo ou indicando concordância sobre ela, dentre muitas outras coisas (KENDON, 2004).

Kendon (2004) ainda coloca que, em muitas ocasiões, a linguagem funciona por si só como um sistema autônomo, que acaba sendo moldado por ações visíveis. Isto é, existe uma ampla gama de maneiras pelas quais ações corporais visíveis são empregadas na realização de expressões semelhantes ou, até mesmo, como expressões na linguagem falada. Às vezes, são usadas em conjunto com expressões faladas, outras como complementos, suplementos, substitutos ou como alternativas a elas. Essas ações são realizadas desde a tradição ocidental entre os gregos e, posteriormente, entre os romanos.

Sendo reconhecidos como características da expressão humana no tempo dos gregos e romanos, conforme Kendon (2004), os gestos poderiam ser modelados e regulados conforme os objetivos de criar um discurso persuasivo e eficaz. Aristóteles compreendia isso como uma parte técnica usada pelos oradores públicos para influenciar os sentimentos da multidão, mas ele menosprezou isso, considerando o gesto, o tom de voz e outras técnicas teatrais, como prejudicando o ideal de discurso justo e adequado que, acreditava, deveria exigir apenas fatos e os princípios da razão.

Posterior aos gregos, na tradição romana, esses aspectos da técnica de oratória passaram a ser valorizados de maneira diferente. Cícero, filósofo e orador romano, discutia a respeito do gesto e da expressão facial nos discursos na oratória, porém,

diferentemente de Aristóteles, ele os considerava dignos de cultivo. Todavia, em sua discussão, ele enfatiza que o gesto e, principalmente, o rosto, deviam ser usados para expressar os sentimentos que estavam por trás de um discurso (KENDON, 2004).

Ainda na era romana, o escritor Marcus Fabius Quintilianus, um retórico da Espanha que ensinava em Roma, aborda em seu livro aspectos da retórica. Em sua obra, explana sobre o olhar, que é visto como sendo da maior importância para a criação do efeito emocional geral do discurso. Há comentários, também, sobre as sobrancelhas, no uso das narinas na expressão e, também, uma discussão sobre o pescoço. Contudo, a seção que trata das mãos e seus usos na fala é, de longe, a mais longa e detalhada. Fica claro como as mãos são tratadas, uma vez que Quintilianus vê suas ações mais intimamente envolvidas com a fala (KENDON, 2004).

Por volta do século XVII, Kendon (2004) destaca contribuições de estudos da ação visível de caracterizar a formação básica como uma linguagem universal. Já por volta do século XVIII houve aprofundamentos sobre a origem da linguagem e da linguagem gestual, mas relacionados, principalmente, com a linguagem dos surdos e mudos.

No século XIX, o autor enfatiza que os aportes de outras áreas de conhecimento, como a antropologia e a psicologia, trouxeram diversas contribuições, porém, ao final desse século, ocorreu uma estagnação das pesquisas (KENDON, 2004). De acordo com este autor, neste século, houve crescimento de estudos sobre os gestos, o que culminou na realização de diversos congressos e na consolidação da área como um campo de pesquisa.

Dessa maneira, pode-se observar que, em conformidade com Kendon (2004), embora os povos e as nações da terra falem distintas línguas, eles compartilham em comum a linguagem universal das mãos, os gestos. Como visto, existe determinado interesse por ser uma forma de expressão “universal” e “natural”, sendo transformada por processos sociais em códigos comunicativos socialmente compartilhados.

Mas, se os gestos são considerados uma expressão universal para a comunicação, eles são considerados uma linguagem? A partir desse questionamento, Kendon (2000) aborda, no capítulo dois (2) do livro *Language and Gesture*, a relação que esses dois conceitos podem ter. Os gestos, primeiramente, podem ser considerados como uma classe de movimentos coordenados que têm algum objetivo, porém, a

linguagem tem como característica a fala, logo, seria inadmissível aceitar os gestos como uma maneira de linguagem.

Para Kendon (2000), existe uma parceria entre gesto e fala, que vemos, tantas vezes, em conversas, sendo o significado da expressão alcançado. Diante de distintas definições, não há uma definição sobre os gestos como ou não ser uma linguagem, mas há a certeza de que os gestos acompanham a conversa e vários tipos de ações que têm uma função simbólica ou semiótica, ou ainda, como sistemas de gestos, linguagens de sinais alternativos ou idiomas.

Considera-se o gesto um modo de representação simbólica, assim como a linguagem falada. No entanto, no gesto, a representação é alcançada de maneiras diferentes da linguagem falada. Os gestos acabam tornando o significado mais preciso para o ouvinte, dando maior clareza em sua fala sobre o que se está pensando, por exemplo. As palavras faladas por si mesmas, é claro, são inerentemente ambíguas, e o que um falante quer dizer com as palavras ou frases usadas apenas se torna claro à medida que são definidas em um contexto mais amplo (KENDON, 2000).

Quatro pontos são os que Kendon (2004) destaca a respeito do crescimento do interesse sobre os estudos relacionados aos gestos. Primeiramente, Kendon afirma que os gestos e os discursos estão inter-relacionados. Gesto e fala podem ser compreendidos como formas de expressões integradas, constituídas pelos mesmos mecanismos. Ou, ainda, podem ser concebidos separadamente, porém, com um objeto em comum ocorre a integração.

Um segundo ponto mencionado por Kendon (2004) é destacado pelo processo de comunicação. Esse processo diz respeito aos gestos e à fala, que se alternam como associação entre eles. Tal processo de comunicação apresenta as ações visíveis do corpo, por meio dos gestos, como importantes ao processo de interação e comunicação.

Os gestos são uma maneira de expressão universal e natural, sendo este um dos pontos importantes para o estudo dos gestos (mesmo que os gestos sejam espontâneos ou articulados por um sujeito, eles necessitam de uma convenção social). O último ponto indica o reavivamento dos estudos sobre como foi a origem e o desenvolvimento da linguagem em meados do século XX (KENDON, 2004).

Sendo assim, Kendon (2000), no capítulo dois, finaliza, destacando que o gesto pode ser utilizado para fornecer um contexto para determinada expressão que foi falada, dessa forma, reduzindo a ambiguidade do significado do que é expresso. No entanto, os gestos podem ir além. As expressões realizadas com as mãos podem auxiliar a pessoa a se comunicar, a se expressar, a se justificar e a expor por meio dos gestos os seus pensamentos. À vista disso, é possível aliar os gestos, como forma de contribuir, ao processo de ensino-aprendizagem, auxiliando professores e alunos.

2.2 OS GESTOS E O PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Jean Piaget, biólogo e psicólogo suíço, era um grande mestre em observar e estudar os comportamentos que as crianças realizavam, acompanhando e observando, no intuito de compreender como elas realizavam as tarefas e a partir de que ponto elas progrediam. Porém, ignorou os gestos espontâneos que elas realizavam quando explicavam suas soluções para determinado problema apresentado. Logo, esses gestos não seriam apenas gestos de saudação ou de indicações, mas gestos que refletiam as ideias da criança (GOLDIN-MEADOW, 2017).

Em relação à afirmação acima, da pesquisadora canadense, Chu e Kita (2016) reiteram, em sua pesquisa, que os gestos de *co-speech*³ estão intimamente ligados à produção da fala e à maneira como as pessoas expressam verbalmente um evento de movimento que afeta a forma como gestualmente representam. Isto é, por meio dos gestos *co-speech* as pessoas, por exemplo, descrevem eventos manipuláveis espontaneamente.

Mas, além dos gestos de *co-speech*, existem os gestos de *co-thought*⁴, que seriam os principais para a área de ensino. Ao resolver algum problema, silenciosamente, as pessoas realizam esses gestos, ou seja, ao buscar uma solução ou justificção de algum problema, as pessoas realizam gestos ao pensar. Chu e Kita (2016) mencionam um exemplo no qual as pessoas são deixadas sozinhas e registradas por uma câmera escondida. Elas, espontaneamente, produzem gestos *co-thought*, que simulam a

³ *Co-speech* são gestos espontâneos quando as pessoas falam.

⁴ *Co-thought* são gestos realizados pelas pessoas quando resolvem problemas silenciosamente.

manipulação ou a rotação do objeto estímulo. Como, por exemplo, eles giram suas mãos com o dedo indicador e o polegar em oposição, como se fossem agarrar e girar um objeto.

Ao observar esses gestos, Goldin-Meadow (2017) afirma que é possível auxiliar no entendimento dos pensamentos dos alunos ou, ainda, contribuir para a aprendizagem dos educandos. O gesto pode se comportar como qualquer outra ação, mas difere de muitas delas, porque também acaba promovendo a generalização de novas ideias. Isto posto, os gestos, além de refletirem ideias, também podem mudá-las.

O gesto pode trazer mudanças, porque é uma ação do corpo, logo, naturalmente, introduz ação incorporada em nossas representações mentais. O gesto é um tipo especial de ação – é representacional, portanto, mais abstrato que a ação direta sobre objetos, e pode ser por isso que o gesto nos ajude a aprender (GOLDIN-MEADOW, 2017).

Se nos imaginarmos dando uma aula de Física e, em determinado momento, fizermos uma pergunta sobre a Lei de Newton e observarmos as reações dos alunos, poderemos ver que cada aluno reagirá e responderá (sem palavras) de uma forma. Um aluno se esforçará para não fazer contato visual com o professor, outro irá, freneticamente, mexer o braço para responder à pergunta. Ambos os discentes estão usando seus corpos para dizer ao professor se eles querem responder à pergunta ou não (GOLDIN-MEADOW, 2017).

Conforme Goldin-Meadow (2017), esses movimentos corporais constituem o que, normalmente, é conhecido como “comunicação não verbal”. Muitas ações podem estar relacionadas a essa comunicação: a distância que estabelecemos entre nós e o ouvinte; o ambiente familiar e de trabalho que criamos; se movimentamos nossos corpos; ou, ainda, se fazemos contato visual. Todas essas atitudes representam mensagens sobre nós, mas não são, necessariamente, uma conversa. O olhar que o aluno desviou ou o movimento do braço não são a resposta do questionamento do professor.

Nos ambientes educacionais, os gestos podem ser utilizados de três maneiras, em conformidade com Goldin-Meadow (2017). A primeira delas consiste em incentivar os professores a examinarem seus próprios gestos, para que, desse modo, possam garantir que os gestos não transmitam ideias errôneas ou que possam enganar seus alunos. Uma

possibilidade é que os docentes pensem nos conceitos e ideias que serão abordados, podendo ser exibidos nas mãos e, posteriormente, produzam conscientemente esses gestos no decorrer de suas aulas.

A segunda maneira consiste em encorajar os alunos a gesticularem quando forem explicar o que está se passando em sua mente, pois os gestos demonstrarão, provavelmente, sua compreensão em relação ao tema e que não está evidente em seu discurso. Esses gestos podem, então, servir como um diagnóstico que os professores podem usar para descobrir o que seus alunos sabem, o que estão prontos para aprender e o que ainda não compreenderam e estão com dúvidas.

Enfim, ao encorajar os alunos a gesticularem sobre um problema, é possível ajudá-los a ativar quaisquer ideias implícitas que estão pensando. Essa ativação pode torná-los mais abertos e as instruções adicionais, ou seja, os gestos, podem ser um suporte para docentes e discentes nas salas de aula, contribuindo para a compreensão do que se passa na mente dos alunos, o que entendem e quais suas dúvidas, como um suporte para os professores utilizarem em suas aulas com o que desejam ensinar.

Gesticular é, portanto, uma parte robusta da fala e, decididamente, não é uma mão irracional acenando. Ele não apenas reflete o pensamento, mas, também, tem o potencial de mudar o pensamento dos ouvintes e dos falantes, sendo essa a terceira maneira. O gesto é uma ferramenta que alunos, professores e pesquisadores podem usar para fazer novas descobertas a respeito da mente humana, a favor do processo de ensino-aprendizagem (GOLDIN-MEADOW, 2017).

2.3 GESTOS NAS SALAS DE AULA DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA: PESQUISAS REALIZADAS DOS ANOS INICIAIS AO NÍVEL SUPERIOR

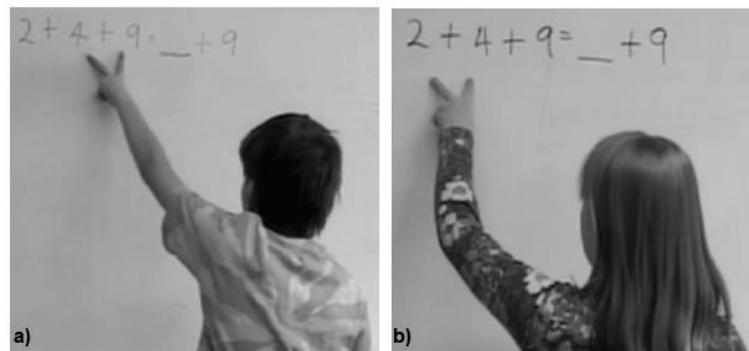
Elia, Gagatsis e Van Den Heuvel-Panhuizen (2014), de Chipre, trazem uma abordagem educacional na área de matemática. O artigo relata um estudo de caso que explora a função dos gestos em uma atividade geométrica no nível do jardim de infância. No estudo, são investigados os gestos espontâneos da criança, além da influência dos gestos do professor nos gestos da criança.

Verificou-se que as crianças, espontaneamente, fazem gestos icônicos durante toda a atividade, algo que Goldin-Meadow (2017) menciona em sua pesquisa a respeito da realização de gestos espontâneos no decorrer de uma atividade escolar. Esses gestos e, principalmente, os icônicos, ajudaram a tornar aparentes diferentes aspectos de espaço e forma das construções.

Na figura 2, a primeira criança (a) produziu uma estratégia de agrupamento parcialmente correta por meio de gestos. O aluno diz que quer fazer um lado igual ao outro, no instante em que produzia um V sob o 4 e o 9, dois números que não devem ser agrupados e somados; depois de produzir o ponto V, o aluno aponta para o branco.

Para Goldin-Meadow (2017), o gesto é parcialmente correto, pois o formato de mão em V apresenta o agrupamento e é seguido pelo ponto em branco, o que acaba evidenciando que a equação tem dois lados. Já a menina, na figura (b), destaca que gostaria de fazer um lado igual ao outro, assim como o menino (a), porém, a estudante realiza o gesto em forma de V nos números 2 e 4.

Figura 2 – Alunos demonstrando que estratégias utilizariam para igualarem uma equação



Fonte: Goldin-Meadow (2017)

Os gestos são uma fonte importante de desenvolvimento do pensamento abstrato nos primeiros anos de vida e podem servir como uma conexão para a mente da criança em seu desenvolvimento. Sendo assim, têm um acesso privilegiado sobre o que as crianças sabem, mas que não conseguem dizer. O foco da pesquisa dos professores de Chipre está em ter uma visão do fenômeno dos gestos e o papel destes, no jardim de infância, com a matemática.

Desde os primeiros anos da vida das crianças, existe uma estreita conexão entre ideias espaciais e linguagem. De acordo com Elia, Gagatsis e Van Den Heuvel-Panhuizen (2014), até o segundo ano de idade, as crianças têm habilidades espaciais significativas e desenvolvem vocabulário relevante. Diversos estudos destacam que os gestos e o pensamento espacial estão articulados entre si. As pessoas tendiam a produzir mais gestos quando falavam sobre assuntos espaciais do que quando falavam sobre assuntos não espaciais.

Nessa pesquisa, as crianças deveriam construir livremente formas tridimensionais com uma descrição verbal, no transpassar da atividade. Ao explorar as conexões entre linguagem e gestos, foi observado que, na maioria dos casos, a criança estava usando gestos e linguagem simultaneamente. Porém, em certo momento, uma das crianças realizou um gesto antes de falar, isto é, a criança fez um gesto no instante em que pensava, representando o bloco (semicírculo) que se passava em sua mente.

Goldin-Meadow (2017) menciona, em sua pesquisa, a importância de os professores observarem os seus gestos, pois podem influenciar os alunos. E isso aconteceu na pesquisa de Elia, Gagatsis e Van Den Heuvel-Panhuizen (2014), os gestos que a professora fez influenciou o gestual das crianças em relação à forma e à localização espacial. Alguns alunos imitavam a expressão e o gesto da professora, referindo-se à forma de um bloco específico, usado em suas construções, em uma situação semelhante.

Outras crianças acrescentaram detalhes nos gestos que a professora realizou ao exemplificar o seu. Isto posto, Elia, Gagatsis e Van Den Heuvel-Panhuizen (2014) sugerem que os alunos estão inclinados a imitar ou estender os gestos do professor, que representavam significados matemáticos, pois as crianças compreendem os significados transmitidos pelos gestos que repetem, produzindo-os ainda para apoiar o seu aprendizado, consumando o que Goldin-Meadow (2017) traz em suas pesquisas a respeito da relevância dos gestos docentes.

Abels (2016), da Universidade de Lüneburg, na Alemanha, teve como enfoque em sua pesquisa o uso de gestos de uma professora de química em um discurso sobre átomos. As questões de interesse são como a professora usa certos gestos, se suas

intenções podem ser reconstruídas e se os alunos parecem entender os gestos relacionados ao conteúdo.

Conforme Abels (2016), cada vez mais no campo educacional se levantam questionamentos a respeito da importância de analisar conversas e gestos para compreender o aprendizado de conceitos dos estudantes. Os gestos podem ser igualados como outra língua, assim como o inglês e o espanhol, podendo transmitir conceitos experienciais que são abstratos.

A área de Ciências e, mais especificamente, a disciplina de Química, muitas vezes, é compreendida somente por meio de seus experimentos, porém, nem todos os conceitos, como, por exemplo, o conceito de átomo, elétron ou próton pode ser realizado em um laboratório e é a partir disso que os gestos podem virar aliados dos docentes nessa hora (ABELS, 2016). O professor de Química pode utilizar como ferramenta uma linguagem adequada para os alunos exporem seus conhecimentos prévios, suas concepções, sua bagagem cultural e outras pré-condições que são importantes e que influenciam na aprendizagem.

Para Abels (2016), os gestos, no ambiente educacional, podem cumprir distintos enunciados de uma pessoa, podendo substituir expressões verbais, ser um suporte ao falar ou ser portadores independentes de um significado. Partindo das pesquisas de Goldin-Meadow (2017), os gestos podem acabar expressando ideias mais globais que não se encaixam em palavras.

Corroborando com as ideias de Abels (2016), na pesquisa de gestos em salas de aula de Química, Flood *et al.* (2014) apontam que muitos tópicos em química, por exemplo, apreciando estereoquímica, imaginando operações de simetria, ou prevendo interações orbitais, exigem uma compreensão dos respectivos fenômenos em três dimensões. Assim, o gesto fornece um meio útil para os estudantes compartilharem e discutirem os tópicos em três dimensões com seus colegas.

A pesquisa de Abels (2016) ocorreu na Áustria, em uma aula do 8º ano do Ensino Fundamental, na qual o objetivo era: de que forma os gestos dos professores podem vir a ser uma ferramenta de ensino e aprendizagem em uma discussão sobre o conceito abstrato de átomos? A partir das observações e das filmagens em sala de aula, a

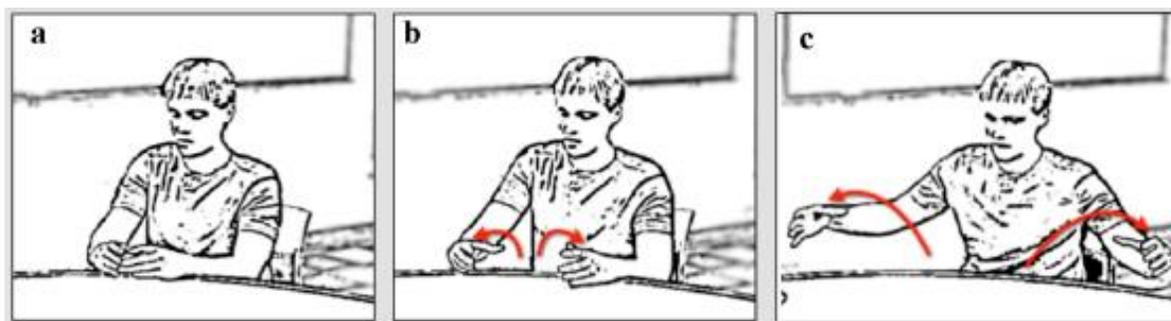
pesquisadora, até agora, afirma que os gestos podem ser uma ferramenta de ensino útil para compreensão dos alunos, como uma forma de apoio.

Em Química eles são muito úteis para representar aspectos espaço-dinâmicos no nível molecular, porém, os gestos são menos sustentáveis se comparados com imagens, animações 3D e simulações computacionais. Os gestos podem acabar também sendo uma maneira estranha e confusa da linguagem, podendo provocar mal-entendidos quando os seus níveis de representação divergem.

Entretanto, quando alunos partilham sobre assuntos que foram abordados durante a aula com outras pessoas, muitas vezes, acabam utilizando gestos para explorar e explicar suas ideias e concepções. De acordo com a pesquisa de Flood *et al.* (2014), isso seria como um meio de expressão espaço-dinâmico, publicamente visível, em que gestos e corpo fornecem recursos produtivos para imaginarem juntos os fenômenos submicroscópicos, tridimensionais e dinâmicos da química.

Flood *et al.* (2014), ao entrevistar Drew, aluno participante de sua pesquisa, observam que quando o aluno descreve o modelo de Bohr, ele realiza gestos com as mãos quase juntas. Logo após, suas mãos se separam e formam arcos em direções opostas (Figura 3). Os gestos realizados pelo estudante fornecem uma oportunidade para reconhecer informações importantes além do que ele já falou. Segundo os pesquisadores, a gesticulação de Drew, ao explicar sobre o modelo de Bohr, “se torna um recurso interacional que adiciona significado topológico ao produzir uma relação espacial reconhecível” (FLOOD *et al.*, 2014, p.14, tradução nossa).

Figura 3 – Aluno explicando sobre o modelo de Bohr por meio de palavras e gestos



Fonte: Flood *et al.* (2014).

Pesquisadores da Universidade de Madison, Yeo *et al.* (2017) investigaram o papel que os gestos têm na aprendizagem da Matemática, assim como os pesquisadores de Chipre, Elia, Gagatsis e Van Den Heuvel-Panhuizen (2014), porém, tendo como foco o conteúdo de equações lineares e gráficos com alunos do Ensino Médio. Oitenta e dois alunos do Ensino Médio concluíram um pré-teste, assistiram a uma videoaula e, em seguida, concluíram um pós-teste comparável ao pré-teste.

Os alunos mostraram um aprendizado substancial em todas as condições. No entanto, aprenderam menos quando a professora se referiu às equações em gesto do que quando ela não fez. Este não era o caso dos gestos para gráficos. Essas descobertas são discutidas em termos das implicações processuais da redundância entre gesto e fala, e a possibilidade de “*trade-offs*” na atenção às representações visuais.

A pesquisa de Yeo *et al.* (2017) alega fatores que indicam que os gestos podem ser benéficos para a comunicação e, especialmente, os gestos dos docentes para os discentes, mas que não é simplesmente “gesticular mais” e, sim, fazer recomendações aos professores sobre qual a melhor maneira de usar o gesto em suas instruções. Os professores devem usar gestos de maneira a destacar importantes características das representações visuais espaciais e formas que enriquecem e aumentam as informações que expressam em discurso.

As descobertas dessa pesquisa enfatizam a necessidade para uma visão mais sutil do papel do gesto na compreensão e no aprendizado. Os gestos dos professores são, frequentemente, benéficos, mas isso não é verdade em todos os casos, assim como mencionado por Abels (2016). Uma mais profunda compreensão das funções cognitivas sobre gesticulação – serve tanto para oradores quanto para ouvintes – ajudará a construir teorias mais ricas que possam explicar, não apenas quando e por que o gesto é benéfico para a aprendizagem, mas, também, quando e por que ele não está auxiliando.

Por conseguinte, os resultados mostram a necessidade de uma visão mais sutil do papel dos gestos dos professores na compreensão e na aprendizagem dos alunos, isto é, de uma visão dos gestos dos docentes, desde a formação inicial até a formação continuada. Corroborando com as ideias de Yeo *et al.* (2017), os pesquisadores Paganini, Justi e Mozzer (2014), do Brasil, também realizaram uma pesquisa com alunos

do Ensino Médio. A pesquisa brasileira tinha como foco descobrir como diferentes mediadores podem favorecer a construção de conhecimento pelos estudantes. Esses “mediadores”, mencionados pelos autores, poderiam ser qualquer entidade que contribuísse na formação do conhecimento e facilitasse o processo de ensino-aprendizagem.

Partindo da premissa de que o conhecimento é um processo que emerge das interações sociais, Paganini, Justi e Mozzer (2014) utilizaram como aporte teórico, em sua pesquisa, a perspectiva sociocultural. Tendo como ideia de que a construção do conhecimento é vista como um processo que emerge das interações sociais e, dentre essas interações, os gestos podem ter influência na construção do conhecimento dos estudantes. Assim, favorece interações sociais e contribui para que os alunos possam se expressar e complementar argumentos que justifiquem suas respostas, possibilitando que o professor compreenda o que se passa na mente do aluno.

A pesquisa ocorreu por meio de atividades que foram aplicadas em uma turma do primeiro ano do Ensino Médio, constituída por 38 alunos, dividida em grupos de 5 a 6 componentes. Os alunos já haviam estudado propriedades de substâncias e ligações químicas, porém, com uma abordagem tradicional. O professor titular da turma mediou os alunos durante todo o processo do ensino fundamentado em modelagem.

Foram realizadas quatro atividades baseadas em modelagem para o ensino de solubilidade. Dentre as atividades, estavam a condução de experimentos empíricos e o registro de observações, bem como a elaboração de analogias para explicar o fenômeno e a produção de modelos mentais (em 3D ou como uma analogia), e, finalmente, a elaboração de considerações sobre a abrangência e as limitações do modelo final.

Na busca por evidências de principais mediadores que auxiliassem no processo de construção do conhecimento, os pesquisadores verificaram, após a análise das entrevistas realizadas, que um dos principais mediadores encontrados é a produção de argumentos por meio de modelos concretos e/ou gestuais, além da realização de gestos. Por meio dos diálogos analisados, foi possível identificar diversos mediadores que contribuíram na construção do conhecimento, dentre eles, os gestos.

Ao trabalharem em grupo, os alunos eram capazes de interagir, criando explicações para suas observações durante as atividades sobre solubilidade,

questionando e argumentando as ideias que eram expressas pelos demais componentes do grupo, além de, após as observações, elaborarem hipóteses e sugestões sem a participação do professor. A utilização de outros gestos pelo professor e pelos estudantes ajudou a deixar as ideias mais claras, além de tornar a aula mais dinâmica.

O trabalho em grupos é importante e deve ser incentivado, conforme Paganini, Justi e Mozzer (2014), em razão de que os alunos entre si se sentem mais à vontade de argumentarem e discutirem. Além disso, a interação entre pares pode auxiliar na construção dos conceitos científicos, ao invés de serem meramente transmitidos pelo docente de uma maneira pronta e não construída por eles.

Ademais, essa pesquisa traz um dos aspectos que acabou modificando o foco da pesquisa desta tese de doutorado, após a revisão de literatura, a importância de observar os gestos docentes. Para Paganini, Justi e Mozzer (2014), depois dessa pesquisa, foi possível caracterizar a relevância de incentivar o estudo sobre eles – os gestos – e sua utilização durante a formação acadêmica dos licenciandos. Em outras palavras, “julgamos essencial que o professor aprenda a argumentar, a interagir com seus estudantes, a se envolver mais e a utilizar atividades investigativas (como as de modelagem) em suas práticas docentes” (PAGANINI; JUSTI; MOZZER, 2014, p. 1034).

Em 2018, no estado da Califórnia, nos EUA, Overoye e Storm (2019) abordaram, em sua pesquisa, que os gestos podem ser uma pista para melhorar e alternar a memória ao falarmos. Decorrido três experimentos, estudantes da Universidade da Califórnia, Santa Cruz (UCSC), foram testados quanto a sua capacidade de lembrar se o ator (que apareceu nos vídeos que eles assistiram antes) realizou gestos. Logo, os resultados indicam que os gestos podem ser ativados durante a recuperação da fala e que essa ativação se deve à representação integrada da fala e do gesto na memória do estudante.

Alguns mecanismos foram discutidos para sustentar os gestos e a capacidade de melhorar a memória. Um dos primeiros é o fato de a fala ser tipicamente mais lembrada quando é mais bem compreendida, e é possível, assim, que os efeitos benéficos do gesto, na memória, possam ser conferidos, pelo menos em parte, aos seus efeitos benéficos na compreensão.

Outra possibilidade, no entanto, é que esse gesto leva a uma representação diferente ou mais robusta na memória. De fato, o trabalho de neuroimagem mostrou que

gestos significativos envolvem um padrão diferente de ativação neural do que gestos sem sentido, com o primeiro, por exemplo, sendo relativamente mais provável envolver áreas pré-motoras do córtex frontal do observador (OVEROYE; STORM, 2019). Portanto, a relação da memória com os gestos, a partir da pesquisa de Overoye e Storm (2019), demonstra que o gesto aprimora e modifica a memória para falar, pois é a partir da memória dos estudantes que eles serão capazes de responder, refletir, justificar, argumentar, avaliar e construir os seus conhecimentos.

Os presentes resultados são coerentes com a ideia de que esses efeitos ocorrem porque o gesto e a fala estão integrados na memória, com a recuperação da fala, a informação gestual relacionada à fala emerge. Além do mais, os resultados fornecem evidências adicionais de que a recuperação tem o poder de alterar e moldar, fundamentalmente, o conteúdo da memória.

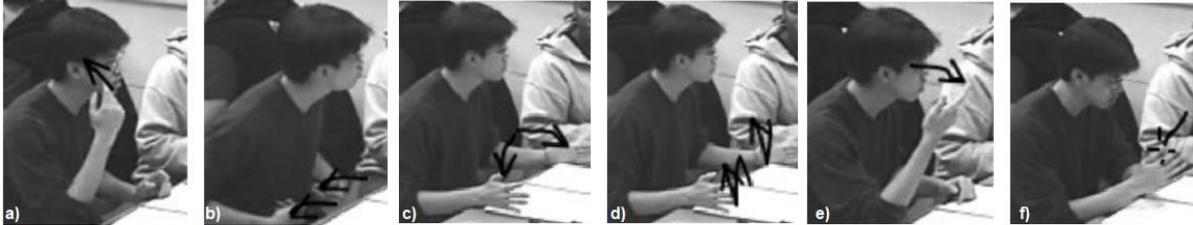
Scherr (2008) vai além das demais pesquisas mencionadas até o momento sobre os gestos. Sua pesquisa busca evidências de que a gesticulação dos alunos pode não apenas preencher lacunas nas expressões verbais dos alunos, mas oferecer informações valiosas sobre o que se passa na mente deles, ou seja, compreender melhor o que o aluno está pensando sobre Física naquele determinado momento. “O ensino de Física é um campo rico para explorar ainda mais essas questões e os pesquisadores em ensino de Física podem se beneficiar e contribuir para investigações contínuas sobre a importância do gesto no pensamento e na aprendizagem” (SCHERR, 2008, p. 08, tradução nossa).

Para Scherr (2008), a pesquisa em análise dos gestos pode ser um diagnóstico do pensamento do aluno, ajudando pesquisadores do ensino de Física a identificar não apenas o conteúdo das ideias do aluno, mas, também, a sua fonte. Sendo assim, compreender de onde vem o que ele está pensando, pode ser um meio de entender como a aprendizagem acontece, relatando como os professores podem usar o gesto para reduzir a carga cognitiva ou como o gesto pode ajudar na organização das informações.

Durante a pesquisa de Scherr (2008), os alunos tentam articular sobre a terceira Lei de Newton e a força do caminhão, argumentando que esta seria maior por meio da intuição de senso comum. O aluno realiza gestos, como é possível observar na figura 4, ao falar que “nós pensamos” (a), “mover para trás” (b), “forças iguais e opostas” (c), “o

caminhão” (d), “volte para trás” (e) e, por fim, “mesma força” (f). Isto é, ele realiza gestos no instante em que vai justificando seu pensamento e debatendo com os seus colegas.

Figura 4 – Aluno gesticulando sobre a Lei de Newton com seus colegas



Fonte: Scherr (2008).

O gesto, por exemplo, de um aluno ao representar uma parábola, é particularmente interessante, pois esse gesto foi construído durante a conversa entre o professor e o aluno. Os pesquisadores-professores podem ser capazes de reconhecer momentos em que os seus alunos estão envolvidos na construção de ideias e distinguir em que momento os alunos estão recontando as ideias que aprenderam anteriormente. Os gestos oferecem uma fonte de evidência do envolvimento dos alunos no pensamento construtivo.

Para demonstrar como os gestos podem trazer evidências de como está o processo de ensino-aprendizagem, Scherr (2008) apresenta, em sua pesquisa, uma conversa de três alunos de Física com um assistente de ensino da universidade sobre algumas tarefas da disciplina de mecânica. Os alunos estão, primeiramente, desenhando e discutindo sobre os vetores de velocidade em vários pontos ao longo da trajetória de um objeto em movimento.

Durante a filmagem, é possível identificar que os estudantes, para exemplificar melhor seus pensamentos e sua compreensão sobre o assunto, realizam quatro gestos como exemplos de movimentos espontâneos da mão, que são identificados como gestos. Assim, Scherr (2008) afirma como a pesquisa de gestos em salas de aula no Ensino Superior pode ser um suporte para desvendar o pensamento dos alunos. Por meio dos gestos, é possível identificar o que os alunos aprenderam e suas incertezas sobre os conteúdos que estão sendo desenvolvidos na sala de aula.

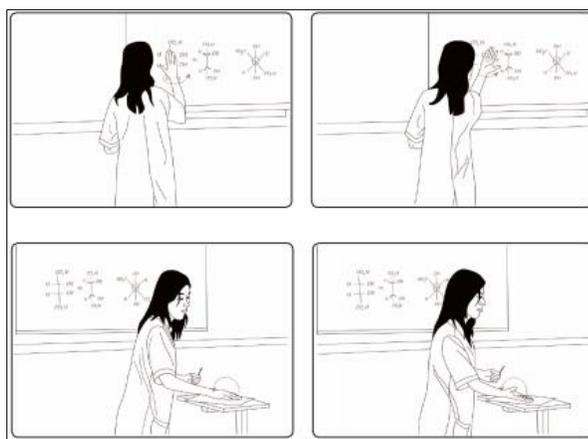
Semelhante com essa pesquisa, no Brasil, em 2014, Mortimer *et al.* (2014) publicaram uma pesquisa na qual investigaram como duas professoras universitárias mobilizaram distintos modos semióticos e promoveram interação entre eles para a construção de significados em aula de Química. Para Mortimer *et al.* (2014), as pessoas, quando interagem, comumente, informam uma para as outras seus sentimentos, ideias, interesses e intenções – assim como Kendon (2004) fala em suas obras – logo, a forma como as pessoas orientam e organizam seus corpos e os colocam em relação ao outro evidencia suas intenções e atitudes.

Tanto Rosa quanto Aline (nomes fictícios das professoras universitárias), ao lecionarem Química Orgânica para alunos da graduação em Química, têm que encontrar as melhores maneiras para fazer com que os alunos aprendam a lidar com as diversas representações que essa ciência tem para os objetos moleculares. Ambas têm facilidade ao trabalhar com diferentes modos semióticos ao explicitarem o conteúdo, mas se diferenciam em alguns aspectos.

Uma professora utiliza diversos modos semióticos e passa de um para o outro com facilidade, utilizando os gestos em cima da mesa, com a projeção no telão ou com desenhos no quadro negro. A outra professora utiliza-se dos desenhos no quadro, potencializando o uso dos gestos e a sua articulação com a fala. Porém, ambas acabam utilizando os gestos e, muitas vezes, conduzindo os alunos a prestarem mais atenção nos gestos do que na fala, por ser um conteúdo que acaba exigindo um constante apelo à geometria das moléculas e suas representações, mediante o uso de fórmulas tridimensionais e bidimensionais.

Para Mortimer *et al.* (2014, p. 139), as duas docentes “ênfatizam o gesto que fazem e, para isso, interrompem a própria fala, como se quisessem que o estudante prestasse atenção só e unicamente no gesto feito por elas.” A seguir (figura 5), é possível ver uma representação da primeira professora utilizando os gestos no quadro negro e da segunda professora realizando os gestos em cima da mesa.

Figura 5 - Representação das professoras ensinando em uma disciplina de Química Orgânica por meios semióticos



Fonte: Mortimer *et al.* (2014).

Por fim, Mortimer *et al.* (2014) corroboram com as ideias de Scheer (2008) e Overoye e Storm (2019), a respeito da importância de investigar de que maneira os professores do Ensino Superior estão usando e articulando os diferentes modos semióticos. Além disso, contribuem para a discussão sobre de que forma eles podem contribuir para compreender os processos de comunicação em sala de aula para além do que, normalmente, é feito em pesquisa na Educação Básica.

No momento em que as pessoas justificam suas respostas ou tentam explicar para um professor ou colega, acabam utilizando gestos para se expressarem. Logo, esses gestos, de acordo com as pesquisas encontradas, exibem como isso é importante, em razão de que é possível, por meio deles, encontrar um vínculo entre o que está se passando na mente do aluno. Sendo assim, uma oportunidade de compreender lacunas existentes nas avaliações escritas ou na fala do discente.

A revisão de literatura é um momento importante na trajetória de uma pesquisa, pois é a partir dela que será possível determinar a relevância que o tema terá e suas contribuições. Além do mais, é mediante a revisão que ocorrerá a oportunidade de encontrar pesquisas em diversos contextos e realidades, podendo, assim, inspirar maneiras, análises e futuras pesquisas.

No primeiro momento da caminhada da professora-pesquisadora no doutorado, a revisão de literatura foi um momento no qual obteve-se a oportunidade de descobrir, por meio das diversas leituras realizadas, o que faria sentido para se pesquisar ao longo

desses quatro anos. As leituras mostraram distintas pesquisas, em diversos níveis de ensino, e motivos e resultados semelhantes e diferentes ao mesmo tempo. Foi a partir dessa revisão que foi encontrado o sentido de pesquisar a contribuição que os gestos podem oferecer ao processo de ensino-aprendizagem em estudantes.

As pesquisas trouxeram contribuições benéficas, limitações e desafios para futuras pesquisas, sendo cada uma delas essencial para a elaboração do projeto que foi aplicado. Os gestos, dentro do mundo da sala de aula, podem ser uma oportunidade de ter acesso aos pensamentos dos alunos. Por meio deles, será possível desvendar o que os alunos estão imaginando, o que compreenderam e quais suas dificuldades sobre determinado assunto, sendo que o ensino de Ciências e Matemática é considerado difícil pela maioria dos estudantes, algo mais desafiador ainda.

Sendo considerada como algo promissor, a análise gestual ainda é pouco pesquisada, mas, diante da revisão, foi possível observar que está tendo um número crescente de novas pesquisas nos últimos anos. É uma nova maneira de, de acordo com as pesquisas encontradas, compreender a mente humana e utilizar os gestos como uma ferramenta que auxilie no processo de ensino-aprendizagem. E é a partir disso que se considera importante que os alunos sejam encorajados a realizarem gestos durante as atividades e, principalmente, nas atividades realizadas em grupo, na qual terão maior liberdade de se expressarem com os colegas e a oportunidade de justificarem e elaborarem hipóteses.

Esse encorajamento, conforme a revisão de literatura, pode e deve ocorrer desde os anos iniciais, pois é nos primeiros anos de vida que ocorre o desenvolvimento do pensamento abstrato e é a partir deles que pode servir como uma conexão para a mente das crianças que estão se desenvolvendo. Todas as pesquisas apresentadas são oriundas das disciplinas de Física, Química e Matemática e trabalham com tópicos em três dimensões, logo, os gestos podem ser um suporte, sozinho ou com outros materiais didáticos, como uma simulação computacional ou uma representação no quadro negro.

É necessário, contudo, buscar saber as limitações e os desafios que os gestos em sala de aula podem ocasionar. Uma das limitações expostas é o cuidado que os professores devem ter com os gestos, pois não é qualquer gesto que deve ser realizado, já que um gesto errôneo pode favorecer que o aluno compreenda de maneira equivocada

um conceito que foi ensinado. Sendo assim, as pesquisas orientam que as expressões corporais dos professores sejam desenvolvidas desde a formação inicial, pois esse será um dos primeiros contatos que os licenciandos terão com o ambiente escolar.

Ademais, os gestos podem se tornar uma forma estranha e confusa da linguagem, ocasionando mal-entendidos quanto ao seu nível de representação. Por isso, a importância de saber discernir como realizar os gestos e compreender se é necessário o auxílio de outra ferramenta para o ensino.

Portanto, verificou-se, nesse capítulo de revisão de literatura, que os gestos podem contribuir no processo de ensino-aprendizagem, trazendo novos olhares e caminhos. Além de novos recursos que visem a contribuir na formação acadêmica dos alunos e na pesquisa em ensino de Ciências e Matemática, enxergando as contribuições e os desafios que serão encontrados, para que, desse modo, a pesquisa traga contribuições relevantes e inéditas à área, auxiliando sempre docentes e alunos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO: UM CAMINHO DA TEORIA DA OBJETIVAÇÃO ATÉ OS RECURSOS SEMIÓTICOS

Uma pesquisa em ensino de Ciências e Matemática necessita, assim como em outras áreas, caminhos epistemológicos e metodológicos para o encontro de soluções, de melhorias, que busquem adequá-la aos novos tempos e contribuir, de real valia, no processo de ensino-aprendizagem. Para o atual estudo, após alguns anos de pesquisa, leituras, discussões e reflexões, buscou-se uma teoria que tivesse um olhar adequado e que preenchesse as lacunas deixadas por outros estudos realizados até então.

Neste viés, o capítulo *“Referencial teórico: um caminho da Teoria da Objetivação até os recursos semióticos”* é constituído de três seções distintas. A primeira delas busca apresentar a Teoria da Objetivação (Radford, 2021) e seus principais conceitos, sendo estes os processos de objetivação e de subjetivação, o labor conjunto, o saber, a aprendizagem, o conhecimento e a ética comunitária. Após a apresentação dessa teoria, a próxima seção vem discorrer sobre a *“Semiótica: estudando as linguagens da humanidade”*.

Esta segunda seção aborda a semiótica, o conceito de signo – conceito central da semiótica, bem como as tricotomias e suas divisões. Para finalizar este capítulo do referencial teórico, serão abordadas as perspectivas semióticas no processo de ensino-aprendizagem a partir da Teoria da Objetivação.

Portanto, este é um capítulo totalmente teórico, que percorre a Teoria da Objetivação, passa pela semiótica de Charles Peirce e finda com as perspectivas semióticas no processo de ensino-aprendizagem.

3.1 TEORIA DA OBJETIVAÇÃO

A Teoria da Objetivação (TO) vem para mostrar caminhos epistemológicos e escolhas metodológicas que possam colaborar com a pesquisa e, em especial, para trazer um novo olhar para a pesquisa em ensino de Ciências (PAIVA, 2019). Conforme Brizueña, Vargas-Plaça e Gobara (2022, p.3), “a TO é uma teoria de ensino e aprendizagem, elaborada por Luís Radford, para a Educação Matemática. Seus primeiros

trabalhos surgiram a partir dos anos 1990, com o intuito de romper com as concepções tradicionais de ensino e aprendizagem”. Assim, conforme o próprio autor da TO,

A teoria da objetividade (TO) é uma teoria de ensino e aprendizagem inspirada pelo materialismo dialético e pela escola de pensamento de Vygotsky. Afastando-se de abordagens subjetivistas para a aprendizagem (como o empirismo e o construtivismo) e as epistemologias tradicionais sujeito-objeto, concebe o ensino e a aprendizagem como um projeto único. Acho que envolve conhecer e ser. A TO se inscreve em um projeto de educação que não é o mesmo que adotar o construtivismo e outras teorias contemporâneas (RADFORD, 2020, p.15).

A TO se fundamentou em alguns princípios de Wilhelm Friedrich Hegel, Karl Marx, Alexei Leontiev e Lev Semionovitch Vygotsky. Sobre a filosofia de Hegel, filósofo alemão, a TO se inspirou no conceito de objeto como algo que se evidencia à consciência e não no conceito de objeto como uma “coisa” (PAIVA, 2019).

Hegel preferia usar a expressão *objekt* e *gegenstand* de maneira diferente. Isto é, o *objekt* era usado para ser atribuído a algo que existe independente da pessoa, independente do subjetivo; já *gegenstand* é atribuída ao objeto da consciência, do pensamento. De acordo com Radford (2018, p.67, tradução nossa), “etimologicamente falando, *gegenstand* tem sua contraparte em latim, *ob-jacere*. O que me objeta: objetos. Aqui podemos propor uma definição de objetivação que nos permite planejar a aprendizagem como um processo social”.

Para Marx, a forma como as pessoas expressam sua vida é a maneira de ser de cada uma delas. O que cada pessoa é, é exatamente como a sua produção, ou seja, o que elas produzem, quando, e a maneira que produzem. Logo, a TO se baseia em princípios filosóficos do materialismo dialético, no qual demonstra que as pessoas jamais devem ser desvinculadas como apartadas do mundo e de suas culturas, elas são o que vivem.

De Leontiev, a TO se inspirou com relação à importância de realizar e desenvolver atividades que sejam intencionais e dirigidas a um objeto. E, a partir disso, se inspirou na ideia do *labor conjunto*, que advém da Teoria da Atividade, de Leontiev, sendo, assim, um “encontro” com o saber por meio da atividade. Por fim, um dos principais teóricos que inspirou a TO foi Vygotsky, no quesito de compreender a relação entre desenvolvimento e aprendizado.

Para Vygotsky, o desenvolvimento do conhecimento se dá pelas relações/interações com o meio histórico-social, logo, o conhecimento é dividido em zonas (real e potencial), dentre as quais está a zona proximal. Vygotsky retrata que a Zona de Desenvolvimento Proximal é a “distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto” (VYGOSTSKY, 1999 p. 58), inspirando, assim, a TO sobre esse olhar, em que o conhecimento ocorre por meio das interações sociais.

Diante desses teóricos, pode-se relacionar algo em comum entre todos: o contexto histórico e cultural dos seres humanos. A TO tem como pressuposição que os seres humanos não podem ser compreendidos sem estarem relacionados com a sua cultura e com a sua vida, isto é, o seu contexto histórico e cultural deve estar presente para melhor compreensão e entendimento sobre o mesmo.

Em conformidade com Radford (2020), a TO faz parte de um campo, que está crescendo, de teorias socioculturais educativas contemporâneas. Tem como semelhante a afirmação de que os seres humanos são consubstanciais à cultura, ou culturas, na qual eles vivem suas vidas, isto é, existe um entrelaçamento das culturas com o que os indivíduos pensam, fazem, sentem, imaginam e sonham.

Assim sendo, após o exposto, em que se evidencia que a principal ideia da TO é a relação do ser humano com o seu histórico-cultural, é necessário entender o conceito de objetivação. Termo este que é referido pelo próprio Radford: “[...] os processos sociais através dos quais os estudantes são confrontados com formas de pensamento e ação historicamente e culturalmente constituídas, gradualmente se familiarizam com eles de uma maneira crítica” (RADFORD, 2018, p. 67, tradução nossa).

Conforme a TO, o papel do professor acaba se tornando diferente, e, em especial, a sua participação no processo de ensino-aprendizagem. Normalmente, nas teorias educacionais, tem-se o professor como o mediador no processo de aprendizagem. Na TO, é seguido um caminho diferente, no qual o professor dá atenção aos alunos, entretanto, de uma maneira diferente dos relatos individualistas da pedagogia centrada no aluno (RADFORD, 2020). A intervenção do docente pode parecer diretiva e interferir nas conceitualizações e na aprendizagem dos alunos.

Os seres humanos mudam e evoluem com o passar do tempo, dos avanços e das ações que ocorrem na sociedade. A mudança e a transformação se fazem necessárias para melhor viver nos tempos atuais. A pandemia, um dos acontecimentos mais próximos a nós e que impactou o mundo inteiro, mostrou como é importante se reinventar e se readaptar, pois foi um tempo em que a cultura e a sociedade precisaram se transformar.

Por isto, não é anormal que o ensino e a forma como se aprende também passem por transformações diante do contexto vivenciado. A partir disso, vale refletir de que maneira ocorre o processo de ensino-aprendizagem, visto que, a cada momento, a sociedade está se transformando e, conseqüentemente, a maneira de aprendizagem também.

Com foco no saber e no ser, a TO redefine os conceitos de conhecer e aprender, de forma coerente, com uma abordagem histórico-cultural. A partir disso, na TO, o *saber* é definido como um sistema, isto é, um sistema de processo de ações e reflexões por meio do momento histórico-cultural, pois, a partir do nascimento, cada um de nós já tem um sistema de pensamento (seja ele matemático, jurídico, científico, artístico, etc.) e esse conhecimento está sempre se movimentando e se transformando de cultura em cultura, em cada momento em que a sociedade se encontra e se renova.

3.1.1 Processos de objetivação e processos de subjetivação

A TO origina-se a partir da concepção de que a cultura faz parte dos indivíduos e de que é inviável pensar e desenvolver uma teoria em ensino sem olhar para aquilo que o aluno já tem e que carrega consigo. Essa teoria surge com o intuito de interromper as ideias construtivistas, individualistas e tradicionais que ainda predominam na educação matemática. É impossível pensar em um ensino melhor sem olhar para o contexto histórico, cultural e social do aluno. Para isso, a TO tem como pressuposição a ideia de que os seres humanos não podem ser compreendidos fora do seu mundo, do seu contexto social.

Logo, além de compreender os seres humanos a partir de seu contexto social, a TO ressalva que os componentes emocional e afetivo de cada indivíduo são partes fundamentais da aprendizagem. Vygotsky (1999) já trazia essa ideia de corpo e

pensamento, pois as emoções são uma parte intensa do pensamento e da ação corporal sensível. Portanto, as emoções são, de fato, componentes ontológicos constitutivos do ser humano e do que significa ser parte da natureza (RADFORD, 2020).

O saber é concebido a partir de ações culturais e históricas ao longo do tempo, considerado como uma capacidade “cultural-histórica”. Sendo essa capacidade uma maneira de pensar e de realizar determinadas atividades, como, por exemplo, organizar uma estante de livros, resolver questões de raciocínio lógico, plantar flores, etc.

Ao olharmos essa ideia de saber, podemos perceber que o saber não é algo que se pode apoderar ou possuir. Logo, não é uma mercadoria, uma compra, mas, sim, algo que está presente em nossa cultura (como arrumar uma estante, saber resolver problemas matemáticos e, ainda, como plantar flores). Portanto, o saber é algo que está na nossa cultura e, sendo assim, podemos nos deparar com ele durante toda a nossa vida, dependendo, claro, dos nossos encontros culturais-históricos de aquisição do conhecimento (RADFORD, 2020). Estes encontros que Radford menciona são o que é chamado de objetivação.

Nosso encontro com sistemas culturais e históricos de pensamento moralmente constituído (por exemplo, matemático, científico, estético, legal, etc.) é o que chamamos de objetificação. O nome "objetivação" tenta expressar a ideia de que sistemas de pensamento constituído cultural e historicamente que, ao nascer, já existe na nossa cultura, mas que ainda não encontramos, a princípio, eles se opõem a nós (ou seja, eles resistem a nós, eles se opõem a nós, como uma cadeira no meio da estrada). Eles aparecem como algo diferente de nós, como uma forma de *alteridad*. A objetificação é nosso encontro com isso. E como me encontro? Não é algo que acontece de repente, ao invés de falar de objetivação, preferimos falar sobre processos de objetivação (RADFORD, 2020, p.20).

Os processos de objetivação são aqueles processos de compreender determinado conceito culturalmente significativo, determinado conceito que é descoberto à consciência não passivamente, mas por meio de atividade corporal, afetiva, emocional, artefactual e semiótica. De acordo com Radford (2015, p.551-552), existem quatro aspectos essenciais que compreendem o conceito de objetivação, sendo:

- a) um processo inacabado e sem um fim, algo que está sempre acontecendo e que sempre é possível aprender e aprofundar mais; o aluno jamais “objetivou” algo, mas está em processo de objetivar algo;

- b) por meio de signos e artefatos, a objetivação é algo social, mesmo que não seja presencialmente, podendo ser de outras maneiras;
- c) algo já está presente no pensamento do aluno, algo que já existe e que já está lá, na maneira de pensar, de agir e de sentir. Sendo algo concreto, conforme o materialismo dialético, sendo completado com a interação social;
- d) e, por último, o ato de tomar consciência de algo não tem sentido quando são aceitas determinadas maneiras de raciocínio empregadas culturalmente, no sentido de reportar algo.

Segundo esse contexto, tem-se que a aprendizagem é o resultado dos processos de objetivação, no qual um processo de objetivação é infinito, assim como a aprendizagem. A objetivação acontece por meio das relações do indivíduo, do aluno, por exemplo, com a sociedade e com as suas devidas práticas culturais, e, também, por sua história.

Sendo este processo algo dinâmico e ativo, em que o aluno observa um objeto conceitual da cultura e o transforma em um objeto de sua consciência, “é o *encontro* com as formas de agir e de pensar já instituídas histórica e culturalmente. É o encontro com o novo, com algo que nos objeta” (VARGAS-PLAÇA; RADFORD, p. 313, 2021).

Enfim, os processos de objetivação são infinitos, únicos, e permitem uma aprendizagem ao aluno, porém, vale ressaltar que uma aprendizagem nunca tem fim, é um processo, um conhecimento que jamais será “objetivado”; é um encontro interminável rumo ao conhecimento. De acordo com Radford (2021, p. 102) “a objetivação é encontro; mas não é um simples encontro de um sujeito pronto com um saber histórico-cultural. O encontro é, acima de tudo, a constituição e a transformação do sujeito aprendiz como resultado desse encontro”. Logo, ocorre essa transformação do sujeito que, a partir do encontro com o saber o ser se transforma, construindo, portanto, novas subjetividades.

De acordo com Radford (2018, p. 75) os processos de objetivação são “processos ativos, incorporados, discursivos, simbólicos e materiais por meio dos quais os alunos encontram, percebem e se tornam criticamente familiarizados com sistemas de pensamento, reflexão e ação historicamente e culturalmente constituídos”.

Ao decorrer do processo de subjetivação, considera-se a distinção entre “ser”, como algo potencial, e “subjetividades”, que é a sua materialização, que acontece por

meio do labor conjunto (atividade). O “ser” é composto de maneiras culturais de agir, de viver, de posicionar-se e de comportar-se em relação aos outros, e a subjetividade é a materialização desse “ser”, modificando-o em um indivíduo único (PAIVA, 2019, p.35). A partir do contexto educacional em que professores e alunos estão inseridos, são vistos como subjetividades em formação, isto é, no qual se tem projetos de vida em construção e transformações pela busca por si mesmo, modificando-os conforme novas experiências e vivências que lhe são oportunizadas.

De acordo com Moretti, Panossian e Radford (2018, p. 258), “os processos de subjetivação investigam as transformações pelas quais o sujeito está passando nesses momentos em que ele está encontrando o objeto cultural”. Portanto, o processo de subjetivação traz esse olhar em que a pessoa é um ser social e cultural, composto por sentimentos e emoções. Ao pensar-se em um contexto educacional, o processo de subjetivação entre professores e alunos acontece na perspectiva do que está sendo debatido em aula, logo, professores e alunos se põem em relação uns aos outros.

Nesse caso, os processos de subjetivação investigam as transformações que os indivíduos estão passando naquele determinado momento, logo, encontrando o objeto cultural. Ou seja, se trata de ver como esse indivíduo é transformado, é afetado e se constitui. Para Radford (2018, p. 75, tradução nossa), os processos de subjetivação são baseados na ideia “de que nós, seres humanos, somos sempre projetos de vida inacabados, sujeitos em perpétua criação. Os processos de subjetivação são os processos de criação incessante do sujeito”.

Os processos de subjetivação acontecem a partir daquilo que os indivíduos – no contexto desta pesquisa, daquilo que os alunos – trazem para o âmbito educacional, dentro da sala de aula, por meio de sua bagagem cultural e de seus comportamentos socioemocionais, que são reproduzidos e transformados na sala de aula. Todas as pessoas incluídas no processo de ensino-aprendizagem são seres singulares e ativos, fundamentais na produção colaborativa da aprendizagem.

Assim, os processos de objetivação e de subjetivação são, na devida ordem, a materialização do saber e a transformação do ser por meio do labor conjunto, sendo esses processos indissociáveis, que sucedem, concomitantemente, na concretização das atividades.

3.1.2 Labor conjunto

O *labor conjunto* é a categoria central da TO e a atividade que é advinda da sala de aula é a unidade de análise na TO. Dentro da TO, o conceito de atividade – *labor conjunto* – é influenciado pelo materialismo dialético, isto é, parte da ontologia do materialismo dialético, em que o ser humano é representado como parte da natureza. Logo, sensações, emoções e paixões, conforme Morey (2020), são conceitualizações de afirmações ontológicas da natureza do indivíduo como um ser natural.

Algo que é de extrema importância deixar claro no labor conjunto é que, na sala de aula, não existem dois processos simultâneos, mas, sim, um único processo. Radford (2021) expõe que

No labor conjunto, a sala de aula de matemática não é testemunha de dois processos paralelos (ensinar, por um lado, e aprender, por outro), mas um único processo: o processo de ensino-aprendizagem. O labor conjunto não significa que professores e alunos façam a mesma coisa. Há uma divisão do trabalho, mas esta divisão não impede que professores e alunos trabalhem juntos, de mãos dadas (RADFORD, 2021, p. 280).

Para Radford (2018), a atividade sensorial, por exemplo, é considerada o campo final da experiência estética e da cognição. Em suma, a atividade é uma maneira social de empreendimento conjunto, que compreende a autoexpressão e o desenvolvimento intelectual e social, ou seja, um processo natural dos seres humanos em se relacionarem por fazerem parte da natureza.

Conforme Radford (2018), existem dois aspectos relevantes sobre a atividade que devemos levar em consideração. O primeiro é que a atividade humana é essencialmente social. Por exemplo, por mais que estejamos sozinhos ao realizar uma atividade (escrita de um texto, planejamento de uma aula ou leitura de um artigo), estamos pensando, mesmo que sozinhos. Isso se dá pelo fato de que, ao pensar, os seres humanos estão pensando por meio da linguagem (cultural, histórica e compartilhada). Logo, uma atividade social sempre ocorre mediante o pensamento.

O segundo aspecto mencionado pelo autor é que no sentido ontológico, a atividade é um modo de vida. No instante em que se realiza alguma atividade, se quer alcançar um determinado desfecho, chegar num ponto final. Assim, o autor afirma que a atividade é

um modo de vida. E, na TO, a atividade é denominada como *labor conjunto*, pois é no sentido de matéria, corpo, ação, ritmo, paixões, emoções e sensações que são emergidas como uma forma estética de vida lançada historicamente. À vista disso,

O conceito de labor conjunto permite conceber o ensino e a aprendizagem em sala de aula não como duas atividades separadas, uma realizada pelo professor (a atividade do professor) e outra realizada pelo aluno (a atividade do aluno), mas como uma única e mesma atividade: o mesmo labor conjunto de professores-estudantes (RADFORD, 2021, p. 55).

O labor conjunto tem como base a compreensão da aprendizagem, enquanto um processo que não se limita a saber algo, mas, também, de se tornar alguém. É por meio do labor que é possível encontrar o outro e o mundo em suas devidas dimensões conceituais e materiais. A partir do labor compreendemos os sistemas de ideias de cultura – sistemas de ideias científicas, legais, artísticas etc. –, logo, encontramos maneiras culturais de ser. Assim, o labor significa alteridade, troca, encontrar-se com o outro, que se transforma nesse encontro. Nós, seres humanos, não somos feitos apenas por células, tecidos e órgãos, mas, sim, de relações sociais, históricas e culturais (PAIVA, 2019).

Em harmonia com Radford (2021, p. 54), vale enfatizar que o labor conjunto é “a atividade (ou labor conjunto com outras pessoas, em nossa terminologia) que inclui a linguagem, mas também inclui, de forma decisiva, as experiências incorporadas de movimento, ação, ritmo, paixão e sensação”. Sendo assim, o labor conjunto expõe que o conhecimento ocorre por meio da interação entre os seres humanos e que acontece através de meios semióticos (PAIVA; NORONHA, 2020).

Por meio do labor conjunto, é necessário que se destaque a relevância do papel e da ação de cada indivíduo nesse processo de ensino e de aprendizagem.

O labor conjunto implica em uma conceituação diferente da divisão do trabalho na atividade de sala de aula e em uma conceituação diferente do professor e dos alunos. No labor conjunto, a aprendizagem consiste em perceber e dar sentido ao saber histórico-cultural de forma ativa e criativa. No labor conjunto, professores e alunos trabalham em conjunto, mas não fazem as mesmas coisas (RADFORD, 2021, p. 112).

Salienta-se, também, que esses não são processos individuais, mas, sim, processos únicos, singulares, e que só existirá labor conjunto se os sujeitos – os alunos

em nossa pesquisa – trabalharemos dentro de uma ética comunitária, sendo este o próximo conceito a ser discutido nesse capítulo.

3.1.3 Ética Comunitária

Outro conceito essencial da TO é o de Ética Comunitária no decorrer de um convívio em sala de aula. Conforme Vargas-Plaça, Gobara e Radford (2022, p. 600), a TO tem o intuito de oportunizar momentos a fim de que “durante a interação em sala de aula, por meio do labor conjunto, as ações realizadas entre alunos-alunos e entre alunos-professor envolvam não apenas os saberes, mas o cuidado com o outro, uma responsabilidade e uma ética comunitária”. Assim dizendo que os ensinamentos na sala de aula sejam além dos saberes, que propiciem aos alunos aquela benevolência entre eles.

No decorrer do labor conjunto, os alunos são instigados a desenvolverem as atividades de tal maneira que eles cooperem entre si, com respeito, solidariedade e que desenvolvam, coletivamente, valores morais. Para Radford (2021),

A ética comunitária é uma tentativa de explorar novos caminhos para a renovação e a imaginação de novas formas de se relacionar com os outros e de trabalhar com os outros. Ela está em sintonia com os princípios gerais da teoria da objetivação e sua compreensão da aprendizagem como um esforço coletivo (RADFORD, 2021, p. 289).

A ética comunitária está centralizada em três elementos, sendo eles: a) responsabilidade; b) compromisso; e c) o cuidado com os outros. São esses os três elementos que conduzem o labor conjunto.

Responsabilidade aparece aqui como um compromisso incondicional em relação aos outros. Ela realiza uma união, um vínculo, uma conexão e um laço entre o eu e os outros. A responsabilidade se expressa na resposta que damos ao chamado do Outro, um chamado que vem não necessariamente de uma formulação linguística ou semiótica, como mostra Lévinas, mas da mera *presença do que nós mesmos não somos*, isto é, da presença do Outro. A responsabilidade e a resposta ao que o filósofo norueguês Kund Logstrup (1997) chama de *solicitude ética*. *Compromisso* é tanto uma promessa quanto a sua realização de fazer todo o possível para *trabalhar lado a lado com os outros* no decorrer de nosso labor conjunto – tentando entender, tentando contribuir para a obra comum). *Cuidado com os outros*, longe de ser um ato de condescendência ou um ato patriarcal, ou, simplesmente, cuidar de alguém, é um “envolvimento relacional” (Edwards, 2009, p. 234), e, como tal, não precisa de justificativa. É uma forma de *estar com outro* e de ser-para-o-outro (RADFORD, 2021, p. 285-286, grifo nosso).

Esses três elementos da Ética Comunitária direcionam os desenvolvimentos das atividades em sala de aula por meio do labor conjunto. A Ética Comunitária, a partir desses elementos, propõe uma maneira de responsabilidade de um com o outro que se fundamenta por meio da solidariedade e, também, na realização humana conjunta. Esses elementos – responsabilidade, compromisso e cuidado com os outros – fazem que as atividades em sala de aula ganhem vida, isto é, deem uma vivacidade no âmbito educacional (HERRERA, RADFORD, CORREDOR, 2021).

De acordo com Corredor e Herrera (2018), a ética comunitária tem de propiciar maneiras de colaboração que aconteçam na medida em que haja o compromisso de trabalhar juntos, cuidando dos outros e assumindo responsabilidades para com os outros. Sendo baseado na ética comunitária, a TO considera, simultaneamente, os processos de objetivação e de subjetivação, com a constituição progressiva de subjetividades.

Corroborando com essa ideia, para Herrera, Radford, Corredor (2021), o labor conjunto considera, concomitantemente, os processos de ensino e aprendizagem, na medida em que “os processos de ensino e aprendizagem não são considerados dois processos paralelos, o que significa que não há ensino de um lado e aprendizagem de outro, mas, sim, um único processo, denominado o processo ensino-aprendizagem” (HERRERA; RADFORD; CORREDOR, 2021, p. 232, tradução nossa).

Segundo García-Ubaque e Vergel (2022), a TO busca elaborar um sentimento de pertencimento e desenvolver uma consciência crítica, sendo, dessa forma, manifestados mediante a responsabilidade, o compromisso e o cuidado com os outros, sem a individualização. Por meio do labor conjunto, a Ética Comunitária desenvolve o vínculo entre os colegas e a conexão entre eles, gerando o compromisso de um com os outros a fim de cuidar do outro e de caminhar ao seu lado, tornando-se responsável para que ambos os colegas aprendam.

À vista disso, nas salas de aula, não se gera apenas o conhecimento, contudo, além disso, são geradas subjetividades, “no entendimento de que a aprendizagem é tanto um processo que envolve o encontro do saber cultural, que se materializa como conhecimento, quanto um processo de transformação dos indivíduos, que se materializa nas suas formas de agir e refletir a partir de uma ética comunitária (BRIZUEÑA; VARGAS-PLAÇA; GOBARA, 2022, p. 3).

3.1.4 Saber e conhecimento

Um dos conceitos centrais da TO é o saber, conceito este que é preciso ressignificar seu entendimento. O saber, conforme a TO, não está na cabeça das pessoas e, muito menos, é uma entidade psicológica ou cognitiva, mas, sim, uma entidade histórico-cultural, um labor codificado, sendo uma síntese histórica de ações coletivas que existem na cultura e que emergem e que se modificam por meio da atividade humana.

O saber acontece quando o indivíduo realiza uma atividade, ativando, assim, o seu saber, colocando-o em movimento. O saber é algo que se transforma a partir do instante em que é ativado, por meio de atividades que possibilitem ao ser humano realizar ações e reflexões sobre o assunto. Quando é transformado e se mostra, se *materializa* em algo percebível, sensível e concreto. Essa *materialização*, a partir do olhar da TO, é identificada com o termo *conhecimento*.

Radford (2021) deixa claro que o saber não é uma mera repetição do conhecimento, mas uma potencialidade e que o conhecimento é uma materialização do saber, sendo algo a perceber ou sentir.

Quando digo que conhecimento é a atualização ou a materialização de algo que já existe, corro um grande risco de ser mal interpretado. O saber pode aparecer como uma simples repetição. É claro que isso não é verdade. O saber é potencialidade. O conhecimento é uma materialização do saber. É algo que podemos perceber, sentir: algo que pode ser apreendido pela consciência humana. Portanto, quando eu sugiro que conhecimento é uma atualização ou materialização do saber, precisamos distinguir entre: 1) o saber como uma entidade geral; 2) o processo pelo qual o saber é atualizado ou materializado; e 3) o conhecimento como atualização ou materialização do saber (RADFORD, 2021, p. 76).

Segundo Morey (2020, p. 61), o conhecimento é “real, tangível, inteligível; pode ser percebido, notado, sentido. O conhecimento é algo que é objeto da consciência humana”. E, no instante em que compreendemos que o conhecimento é a materialização do saber, alguns aspectos devem ser compreendidos: a) o saber como a entidade geral; b) o processo pelo qual o saber se atualiza ou se materializa; e c) o conhecimento com a materialização ou com a atualização do saber (MOREY, 2020). Sendo assim, o

conhecimento é a materialização ou a atualização dessas maneiras de ação e de reflexão culturalmente estabelecidas.

O conceito de saber, dentro da TO, é contemplado como uma entidade geral que, pelo olhar ontológico, já está na cultura desde o momento em que nascemos. Por exemplo, para uma pessoa que nasce em uma comunidade do interior, de descendência alemã, que concebeu maneira de pensar, refletir e fazer coisas de acordo com os costumes de sua família e de pessoas próximas a sua cultura, como a maneira de falar – talvez usando um dialeto – pensamentos, ideais, atitudes e valores são arquétipos gerais que constituem o saber dessa cultura.

Para Morey (2020), desde o instante em que nascemos, nos deparamos com essas maneiras de pensar sobre o mundo, sobre o tempo e sobre o espaço, por exemplo. Esses pensamentos são expostos aos indivíduos como possibilidades, isto é, perspectivas de ações e reflexões. Porém, já em outra cultura, essas possibilidades são apresentadas de outra maneira aos indivíduos. Ao nascerem, são expostos outros saberes a eles. Ou seja, em cada cultura, outras possibilidades de pensamentos e de saberes são disseminadas.

O pensamento sobre a importância da chuva na comunidade rural alemã se difere do pensamento daquele sujeito que nasceu na cultura da capital de São Paulo. Em outros termos, a partir do nascimento, já se encontra na cultura uma forma de pensar o mundo, logo, outros saberes.

À vista disso, fica claro que o saber não é algo individual, mas uma construção cultural e social. Além disso, dentro da TO, o entendimento do saber como potencialidade – influência aristotélica de potencialidade – é a capacidade de fazer algo. Sendo assim, algo capaz de estar em movimento, de se transformar e de se aperfeiçoar conforme as atividades – labor conjunto – que vão sendo experienciadas.

Na teoria da objetivação, o saber não é algo que possa ser transferido, como se fosse uma coisa ou uma mercadoria, de uma pessoa para outra, como no ensino transmissivo. Também não é algo produzido subjetivamente, como na pedagogia centrada na criança. É uma entidade histórico-cultural sempre em movimento (RADFORD, 2021, p. 116)

O saber é uma possibilidade (apresentada a partir do nascimento, de acordo com sua cultura e sua história) e uma potencialidade (capacidade de realizar algo), disposto culturalmente, e, também, uma entidade ontologicamente dinâmica (PAIVA, 2019). Estando o saber sempre em movimento, se atualizando mediante as atividades humanas, visto que é a articulação entre o saber e o conhecimento.

3.1.5 Aprendizagem

Conforme a TO, a aprendizagem não é um processo no qual, ao final dele, se atinge o seu objetivo e se adquire algo que se possa possuir ou ter, mas um processo em conjunto entre professor e aluno, entre sua bagagem cultural, histórica e social. A aprendizagem sempre é vista como um ato no qual a professora ensina – por meio de seu quadro branco, explicações teóricas e demais recursos – e o aluno recebe as explicações, aprende, isto é, atinge a aprendizagem. Entretanto, para a TO, a aprendizagem é um processo inseparável, único e singular.

Conforme Radford (2018, p.75, tradução nossa), “a TO conceitua a aprendizagem em termos de processos que são ao mesmo tempo processos de objetivação e processos de subjetivação”. Logo, a aprendizagem só acontece quando o sujeito está inserido em seu contexto social e cultural, com os seus objetos culturais e demais sujeitos. Para Radford (2021), a aprendizagem é um encontro contínuo

[...] e tenso de transformação dialética mútua entre um mundo cultural, ou seja, um mundo cultural que transcende o indivíduo como um indivíduo único, e indivíduos únicos que o encontram. No curso dessa fusão, o mundo que aparece a consciência e a consciência que surge deste encontro são continuamente transformados. E por esta razão que os processos de objetivação estão enredados em processos de subjetivação – processos de criação de um eu particular (e único) (RADFORD, 2021, p. 114).

No instante em que o indivíduo, em nossa situação, o aluno, se encontra, ele transforma o seu saber e aprende a partir desse encontro. A aprendizagem torna-se um processo social e coletivo em que os alunos trabalham e se posicionam criticamente, com formas de comportamento e de pensamento que foram historicamente construídas dentro de uma determinada cultura.

A aprendizagem/objetivação é um processo vinculado à atividade. Ele ocorre dentro do espaço criado pela atividade de ensino-aprendizagem que transforma o saber em conhecimento. E é dentro dos limites e possibilidades da maneira como, nesta atividade, o saber aparece como algo sensível, que a aprendizagem acontece. Como consequência, a aprendizagem tomará um ou outro rumo, dependendo da atividade de ensino-aprendizagem da qual ela resulte (RADFORD, 2021, p. 112).

A aprendizagem é, portanto, um processo social e coletivo, mediado por relações sociais, de natureza cultural, histórica e política (VARGAS-PLAÇA; RADFORD, 2021). Para Radford (2021), a aprendizagem consiste em alcançar uma maneira que seja ativa e criativa, não sendo um ato apenas contemplativo, mas, sim, “algo que requer esforço e energia e que ocorre, simultaneamente, no nível do indivíduo e no nível do mundo histórico-cultural” (RADFORD, 2021, p. 116).

Além de ser algo ativo e criativo, deve ser um esforço coletivo no labor conjunto. Para Herrera, Radford e Corredor (2021, p.242), a aprendizagem é um encontro com o conhecimento histórico-cultural que se transpõe “sensivelmente à consciência dos alunos por meio da atividade de ensino-aprendizagem, sugerindo que a aprendizagem que resulta dessa atividade é profundamente constituída pelo modo como os alunos e os professores interagem entre si”.

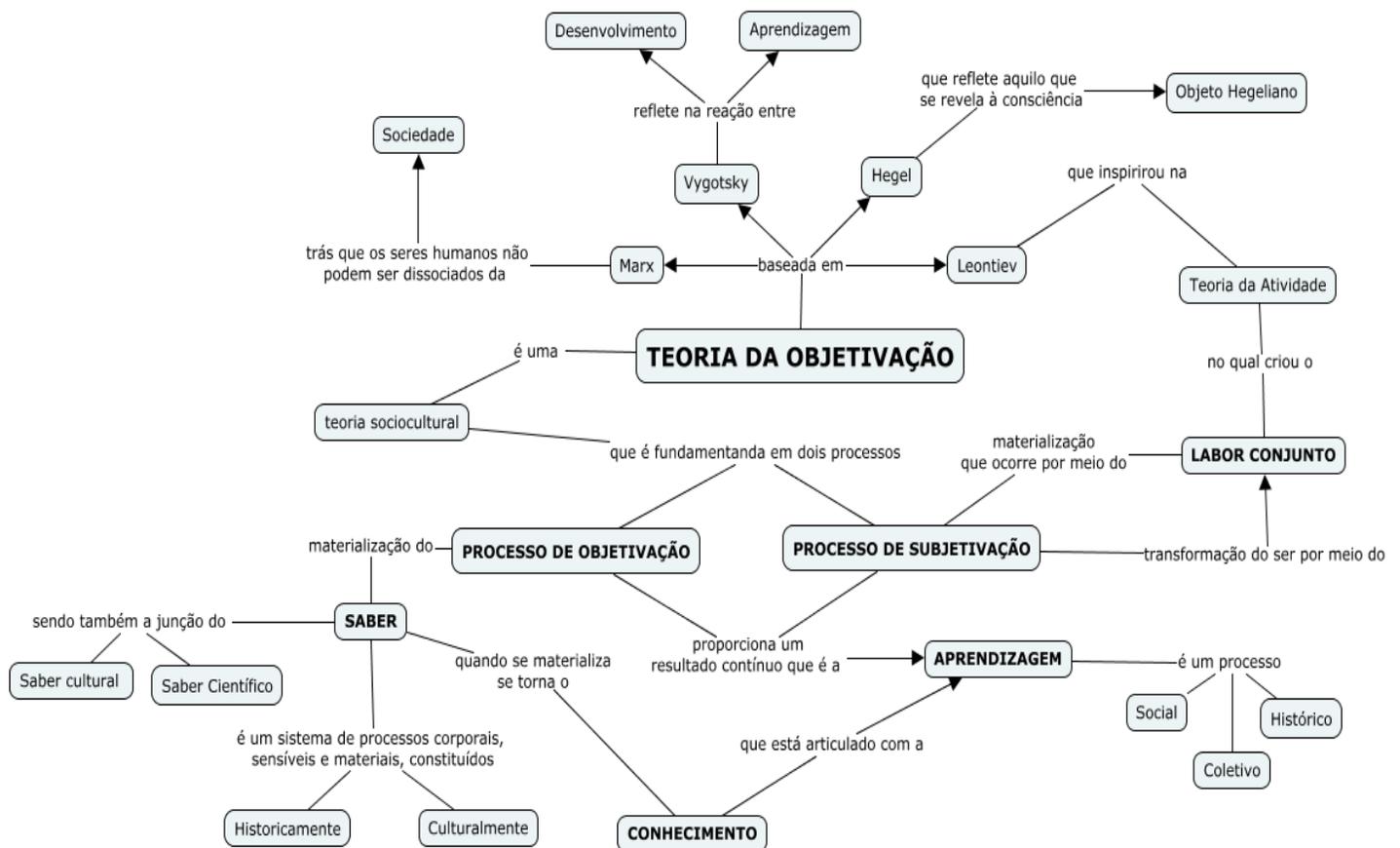
Sendo assim, a TO expõe que a formação dos sujeitos não deve ser apenas relacionada quanto aos aspectos cognitivos dos conteúdos específicos, todavia, a TO tem um olhar direcionado também para a transformação do ser. Então, a aprendizagem está relacionada tanto com o saber – que seriam os conteúdos específicos da disciplina – como para o ser – que é a dimensão do indivíduo – para que, desta forma, aconteça a aprendizagem por meio dos processos de objetivação e de subjetivação (VARGAS-PLAÇA; RADFORD, 2021). Portanto, o conceito de aprendizagem, para a TO, é determinado mediante os processos de objetivação e de subjetivação que tem a essência no encontro dos saberes e na transformação do ser.

Assim, nas salas de aula não acontece, exclusivamente, o conhecimento, mas as subjetividades, pois tem o “entendimento de que a aprendizagem é tanto um processo que envolve o encontro do saber cultural, que se materializa como conhecimento, quanto um processo de transformação dos indivíduos, que se materializa nas suas formas de

agir e refletir a partir de uma ética comunitária” (BRIZUEÑA; VARGAS-PLAÇA; GOBARA, 2022).

Portanto, para relacionarmos os conceitos que foram expostos até o momento, da TO, elaborou-se uma figura com os principais conceitos e suas ligações (Figura 6).

Figura 6 - Teoria da Objetivação



Fonte: A autora (2022).

A figura acima permite observar a ligação dos principais conceitos que são abordados na TO e seus fundamentos. Na figura 6, é exposta não apenas a fundamentação da teoria, mas como acontecem os processos de objetivação e de subjetivação, tal como os conceitos que a TO discorre, a saber, conhecimento e aprendizagem, além de trazer a conceitualização e a origem do labor conjunto.

Na próxima seção, será apresentado a Semiótica, conforme Peirce (2015). A escolha de Peirce se deu pelo fato de que se percebeu que seria o mais próximo com relação a uma pesquisa em âmbito educacional, visto ser possível conseguir assimilar, por meio de suas tricotomias com relação à sociedade, não sendo algo distante da sala de aula.

3.2 SEMIÓTICA: ESTUDANDO AS LINGUAGENS DA HUMANIDADE

De acordo com Batista (2003), ao final do século XX, houve um crescimento representativo da linguística, juntamente com o discurso. Diversas teorias, métodos e análises discursivas foram nascendo, dentre elas, a semiótica. A origem do vocábulo vem do grego *semêion*, que significa *sema ou sinal*, sendo, assim, o estudo dos signos. O signo, conforme Peirce (2015), é qualquer coisa com a capacidade de significar algo para alguém. Uma frase, um objeto, um logotipo, um som, um contexto, etc. Um signo está no lugar de outra coisa, ou seja, sinaliza algo, isto é, a essência da semiótica.

Para Peirce (2015), um signo, ou *representâmen*, como assim também é chamado, é algo que, sob determinado aspecto ou forma, acaba representando algo para alguém. Ou seja, cria na mente de uma pessoa um signo que seja equivalente, ou, talvez, um signo mais desenvolvido. Ao signo, quando criado, denomina-se como o interpretante do primeiro signo.

Isto posto, sabe-se que o signo representa algo para determinada coisa, sendo chamado de objeto. Conforme Peirce (2015), o signo representa esse objeto não exatamente em todos os seus aspectos, mas como determinada referência a um certo tipo de ideia que, para Peirce, seria um fundamento do *representâmen*. Lembrando que o conceito de ideia seria entendido aqui como algo platônico, vocábulo que rotineiramente é usado.

Em virtude do *representâmen* estar relacionado, existem três coisas, de acordo com Peirce (2015): o fundamento, o objeto e o interpretante, isto é, a ciência da semiótica em três ramos. O primeiro ramo, que é denominado por Duns Scotus como *grammatica speculativa*, tem como incumbência determinar o que deve ser verídico, ser verdadeiro, quanto ao *representâmen* usado com o propósito de englobar um *significado*.

Já o segundo ramo é o da lógica exatamente referenciada, ou seja, é a ciência formal das condições de verdade das representações. Conforme Peirce (2015, p. 46), é “quase necessariamente verdadeiro em relação aos *representâmen* de toda inteligência científica, a fim de que possam aplicar-se a qualquer objeto”.

Por fim, o terceiro ramo é denominado por Peirce como retórica pura. Seu propósito é definir as leis que, em toda inteligência científica, um determinado signo dá à procedência a outro signo e, assim, um certo pensamento ocasiona outro.

3.2.1 Signo: suas divisões e objetos

Entre os manuscritos de Peirce, diversas definições de signos são apresentadas, algumas mais extensas e elaboradas e outras mais resumidas e breves. Para Santaella (2012), uma das melhores definições do conceito de signo, conforme Peirce, é uma que evidencia que o signo é uma coisa que representa outra coisa, isto é, o seu objeto.

Um signo intenta representar, em parte, pelo menos, um objeto que é, portanto, num certo sentido, a causa ou determinante do signo, mesmo se o signo representar seu objeto falsamente. Mas dizer que ele representa seu objeto implica que ele afete uma mente, de tal modo que, de certa maneira, determine naquela mente algo que é mediatamente devido ao objeto. Essa determinação da qual a causa imediata ou determinante é o signo, e da qual a causa mediata é o objeto, pode ser chamada de interpretante (SANTAELLA, 2012, p. 90).

Se o signo tiver o poder de representar, de substituir outra coisa que seja distinta dele, aí, sim, ele funcionará como signo. O signo, conforme Santaella (2012), não é objeto, mas está no lugar dele, sendo assim, ele apenas representará esse objeto de certo modo e de determinada capacidade. Se for pensar na pintura de um carro, a fotografia de um carro, o esboço de um carro, um brinquedo em formato de carro, ou, até mesmo, o olhar para certo carro, todos estes serão signos do objeto carro.

É o próprio carro? Não! São apenas signos do objeto carro, substituem cada um deles, um certo modo que depende da natureza do próprio signo, pois a natureza de uma fotografia não é a mesma de uma pintura. O signo somente poderá ser alusivo ao seu objeto para um intérprete e pelo fato de que representa seu objeto, termina proporcionando na mente desse intérprete alguma coisa (um certo signo ou quase signo)

que também está correlacionada ao objeto, não diretamente, porém, pela mediação do signo (SANTAELLA, 2012).

Conforme Peirce (2015), a palavra signo, como ele conceitua, deve ser utilizada para caracterizar um objeto cognoscível, apenas imaginável ou inimaginável até determinado entendimento (como, por exemplo, a palavra estrela, que pode tanto significar “astro do universo com luz própria” ou ter o significado de uma pessoa “famosa”, “célebre” ou “ídolo”). Entretanto, o fator precípua que determina que algo é um signo, é que este algo deva “*representar*”, isto é, simbolizar, retratar ou reproduzir da melhor forma este algo.

O signo deve representar outra coisa, que é determinada como seu objeto, apesar de ser, conforme Peirce (2015), arbitrária a colocação que determina que um signo tem de ser algo diferente de seu *objeto*, posto que, se persistir nesse certo ponto, é importante que se tenha uma ressalva para o caso em que esse signo é parte de um signo.

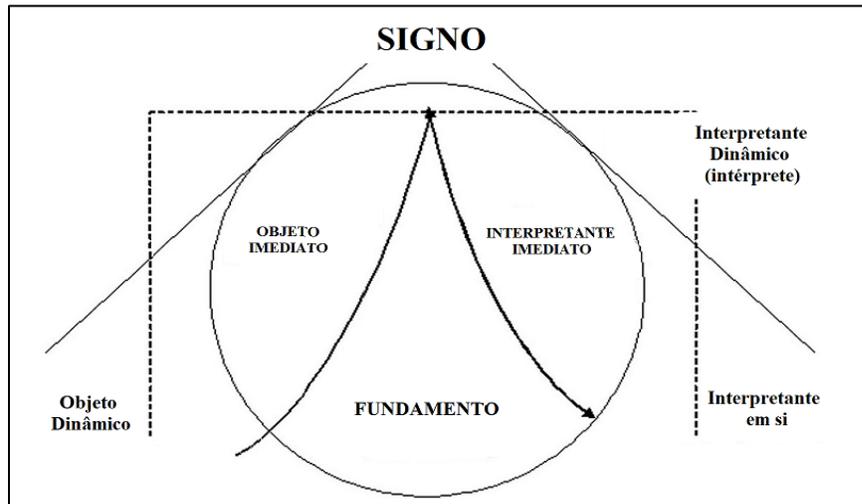
Santaella (2012) ainda reitera e melhor define o conceito de interpretante dentro da semiótica de Peirce. O conceito de interpretante não é atribuído ao fato do intérprete do signo, porém, a um certo processo relacional que é concebido na mente do intérprete. No instante em que existe uma relação de representação que o signo perpetua com o seu devido objeto, acaba sendo ocasionado na mente interpretadora um outro signo que traduz o significado do primeiro, ou seja, o interpretante do primeiro.

Consequentemente, o significado de um signo é outro signo (podendo ser uma imagem mental, perceptível, uma certa ação ou reação gestual, ou, até mesmo, uma ideia), pois, em outras palavras, o que é elaborado na mente pelo signo resulta em outro signo (uma versão do primeiro). De acordo com Santaella (2012), para melhor determinar e compreender a definição de signo, compete deixar claro que o signo tem dois objetos e três interpretantes (figura 7).

Na figura 7, é possível observar como o signo é composto pelos seus objetos e interpretantes. O primeiro deles, o objeto imediato (que está dentro do círculo, isto é, dentro do signo), corresponde ao modo como o objeto dinâmico (que consta à direita da figura dentro do círculo, e que nada mais é que aquilo que o signo substitui) está sendo representado no signo. Por mais que essa imagem seja emblemática, o objeto imediato

é a aparência do desenho, na qual ele se esforça em retratar, da melhor maneira, a forma do objeto (um carro, como já utilizado como exemplo anteriormente).

Figura 7 – Imagem representando o conceito de signo



Fonte: Adaptada de Santaella (2012).

O interpretante imediato (que está dentro do círculo e defronte ao objeto imediato) é composto por aquilo que o signo irá executar na mente interpretadora. Santaella (2012) ainda reitera que “não se trata daquilo que o signo efetivamente produz na minha ou na sua mente, mas daquilo que, dependendo da natureza, ele pode produzir” (SANTAELLA, 2012, p. 93). Isso em razão de que existem certos signos que podem ser interpretáveis mediante alguma experiência realizada pela pessoa, de forma concreta ou ação; outra razão é que são interpretáveis em relação à qualidade de sentimentos e, talvez, outros ainda são suscetíveis a interpretações mediante uma sucessão imensurável de pensamentos.

Assim, ocorre o interpretante dinâmico (que consta na figura fora do círculo), ou seja, onde o signo verdadeiramente é produzido na mente do interpretante. Essa produção será conforme a natureza do signo e do seu determinado potencial como signo. Isto posto, por exemplo, ao ouvir certa música, caso a pessoa não seja um conhecedor e entusiasta dessa forma de arte constituída de sons e ritmos, ao escutar uma música, não produzirá no indivíduo uma sequência de características de impressão, ou seja, percepções auditivas, viscerais e, talvez, visuais (SANTAELLA, 2012).

Logo, diante da limitação do sujeito, por não ser um conhecedor de música, aquele signo não será nele senão apenas um interpretante dinâmico de primeiro nível, que, conforme Santaella (2012), no interpretante, um signo seria algo apenas emocional. Um segundo nível do interpretante dinâmico produziria no sujeito um interpretante dinâmico enérgico, sendo essa uma ação concreta e real, como uma forma de resposta ao signo.

Caso o signo seja convencional (signo de lei), como uma frase ou um vocábulo, o interpretante será um pensamento que compreenderá o signo anterior em um outro signo que seja da mesma essência e, desse modo, *ad infinitum* (que não tem fim ou limite). Um signo nada mais é que um ícone, um índice ou um símbolo. Para Peirce (2015), o ícone é um signo que tem a natureza que se transforma em significante, mesmo que o objeto não se encontre, isto é, não exista, “tal como um risco feito a lápis representando uma linha geométrica” (PEIRCE, 2015, p. 74).

Já o índice é um signo que, por mais que perca a sua natureza (que o torna um signo), se seu objeto for removido, jamais perderá sua natureza, se não houver um interpretante. Peirce deixa como exemplo o buraco de uma bala de tiro, ou seja, o caso da forma de um buraco de bala em uma parede como signo de um tiro, “pois sem o tiro não teria havido buraco; porém, nele existe um buraco, quer tenha alguém ou não a capacidade de atribuí-lo a um tiro” (PEIRCE, 2015, p. 74).

Por fim, o símbolo é um signo que perderia sua natureza que o determina como sendo signo, caso não possuísse um interpretante, isto é, caso qualquer que seja a expressão de discurso que tem sentido, significasse apenas pelo motivo que há esse significado (PEIRCE, 2015). Em vista disso, Peirce determinou o que se chama de rede de classificações, sempre triádicas, dos tipos de signos. Ele determinou como premissa as relações que denotam no signo, tal como o modo de apresentação do signo em si mesmo, ou conforme a maneira de apresentação do objeto imediato, ou, ainda, de acordo com a maneira do objeto dinâmico e assim por diante.

3.2.2 Divisão das relações triádicas

Segundo Santaella (2012), Peirce determinou 10 tricotomias, que, por meio da combinação realizada por ele, resultaram em 4 classes de signos e possibilidade lógica

de 59.049 tipos de signos. Todavia, Peirce não chegou a investigar e a compreender a fundo cada uma delas, mas as dez divisões triádicas foram desenvolvidas. Diante dessas dez divisões triádicas, existem três que são as mais gerais e fundamentais, tanto que Peirce se propôs a conhecer e a investigar com detalhes, sendo, portanto, as mais difundidas na área da semiótica.

Desse modo, a relação de signo consigo mesmo, é a primeira; a relação do signo com o seu objeto é a segunda; e, por fim, a relação do signo com o seu interpretante é a terceira. Obtém-se, assim, a seguinte relação entre eles (Figura 8).

Figura 8 – Divisão dos signos por Peirce

Relações	1ª Tricotomia	2ª Tricotomia	3ª Tricotomia
	Signo em si mesmo (1º)	Signo com o seu objeto (2º)	Signo com seu interpretante (3º)
Primeiridade	1º qualissigno	Ícone	Rema
Secundidade	2º sinsigno	Índice	Dicente
Terceiridade	3º legissigno	Símbolo	Argumento

Fonte: A autora (2022).

De acordo com Peirce (2015), o signo em si mesmo, a primeira da tricotomia que é denominada de *qualissigno*, é caracterizado como uma simples qualidade, um existente concreto ou, ainda, uma lei geral. A segunda é chamada de *sinsigno*, caracterizando-se pela relação com seu objeto, que consiste no fato de o signo ter algum caráter em si mesmo, ou ter alguma relação existencial com esse objeto, ou, ainda, em sua relação com um interpretante. A terceira, relação do signo com seu interpretante, intitulada como *legissigno*, é a representação como um signo de possibilidade ou como um signo de fato ou como um signo de razão.

3.2.3 Uma tricotomia dos signos

Ao observar a figura 8, percebe-se que, na primeira divisão, um signo é nominado, podendo ser um *qualissigno*, um *sinsigno* ou um *legissigno*. Um *qualissigno* é uma

qualidade que é um signo, isto é, não poderá desempenhar o papel de signo até que seja transformado (em algo concreto).

Tal como as impressões que as cores azul e rosa podem ocasionar em um sujeito, antes de singularizadas, são qualissignos, são simplesmente sensações ou qualidades. Referem-se aos aspectos mais sensíveis da leitura, sendo qualidades dos signos, tais qualidades que permitem diferenciar as formas (quadrado, círculo ou triângulo, por exemplo), sentir a diferença entre temperaturas, gostos ou, até mesmo, de proporções ao vê-las.

Um sinsigno (*sin* que vem de origem latina, *semel*, e significa “uma única vez”) é determinada coisa ou evento verdadeiro e real e que é um signo. Esse tipo de signo envolve um ou mais qualissignos, pois somente pode ser por meio de suas qualidades, assim, contornado por qualissignos, sendo qualquer objeto ou evento concreto percebido (PEIRCE, 2015). Diz respeito às somas das qualidades que formam singularidades para a leitura dos signos. Por exemplo, sabe-se que vermelho é considerada uma singularidade de cor, como uma singularidade de um fruto (tomate), uma singularidade de um time famoso de futebol, isto é, ao se observar a diferença de cada coisa ou objeto, se está considerando as singularidades que as diferenciam.

Peirce (2015), nessa primeira divisão, ainda retrata sobre o *legissigno*, que é uma lei que é um signo, sendo esta lei estabelecida pelos homens. Seja por meio de uma convenção ou estatuto, elaborado e aceito pelos homens como forma de linguagem. São chamados de *legissignos* aqueles que recebem algo como caráter de lei, como uma maneira de linguagem, generalizando, assim, a tradução do sentido.

Mesmo não sendo um objeto singular, entretanto, um tipo geral que se tem concordado, será significativa. Atualmente, há os *legissignos*, em especial, no trânsito, por meio das placas e indicações do semáforo; são convenções aceitas pelo homem que são uma forma de linguagem, ou cifras de música, ou comumente utilizado por mensagens de textos, os *emoticons*, expressando humores ou reações que são popularmente aceitos pela sociedade.

3.2.4 Uma segunda tricotomia dos signos

Conforme Peirce (2015), em relação à segunda tricotomia, sabe-se que um signo pode ser denominado de *ícone, índice ou símbolo*. Um ícone é um signo que acaba indicando o objeto que corrobora somente em virtude de seus caracteres próprios. Esses caracteres que ele igualmente possui, quer tal objeto realmente exista ou não.

Se não houver um tal objeto, o então denominado ícone não atua como signo, o que não tem nada a ver com o seu caráter como signo. Seja qual for a coisa, seja ela uma qualidade, algo exclusivo ou ainda uma lei, é ícone de alguma coisa dado que for similar a essa determinada coisa e, sendo assim, empregue com seu signo (PEIRCE, 2015).

De outra forma, pode-se destacar que o ícone é um tipo de signo que estabelece uma relação de semelhança com o objeto. Por exemplo, ao se pensar nas campanhas publicitárias, sabe-se que certas figuras se tornam ícones de acordo com a sua semelhança com aquilo a que se referem, os seus objetos. A cor azul é comumente utilizada em campanhas de parques aquáticos, isto é, fazendo alusão à água e às piscinas. A cor vermelha, em campanhas sobre a violência doméstica, pode insinuar as consequências graves que podem ocorrer dentro de casa por meio da violência.

Para recordar momentos e pessoas, utiliza-se a reprodução de imagens por meio de um processo, tornando-se uma fotografia. O ícone de um momento em família representa as pessoas e o acontecimento naquele tempo, por mais que não sejam aquelas pessoas e sentimentos em si, mas uma representação por meio de *pixels*, logo, estabelece uma relação de semelhança com aquilo a que se refere.

Já o índice é um signo que se refere ao objeto, que significa em benefício de ser verdadeiramente presumido por esse objeto. Isto posto, não pode ser em si um *qualissigno*, pois as qualidades são o que são, independentemente de qualquer que seja outra coisa. Uma vez que o índice é afetado pelo objeto, existe alguma qualidade em comum com o objeto e, assim, é em meio à consideração a estas qualidades que ele acaba se referindo ao objeto. Dessa maneira, o índice abrange uma espécie de ícone, um ícone de tipo especial, que não é meramente semelhante ao seu objeto, por mais que

sejam em aspectos que o tornam um signo, todavia, sua verdadeira mudança ocorre pelo objeto (PEIRCE, 2015).

O último signo denominado por Peirce, na segunda tricotomia, é o símbolo. O símbolo é um signo que se alude ao objeto que se expressa em virtude de uma lei, que, normalmente, é uma associação de ideias gerais que operam no sentido de fazer com que o símbolo seja interpretado como se referindo àquele objeto. Ou seja, uma lei ou um tipo geral de regra, um *legissigno*, como mencionado anteriormente.

Assim como atua por meio de uma réplica, não apenas é ele geral, mas também o objeto no qual se refere é de natureza geral. Em harmonia com Peirce (2015), devem existir casos existentes “daquilo que o símbolo denota, embora é importante considerar ‘existente’ como o existente no universo possivelmente imaginário ao qual o símbolo se refere” (PEIRCE, 2015, p. 53).

Por meio da associação ou de outra lei, o símbolo será justamente acometido por esses casos e, com isso, envolverá determinada espécie de índice, ainda que este índice seja de tipo especial. Desse modo, os signos se comportam como símbolos quando passam a representar algo por uma convenção ou lei. Um pacto “simbólico” que faz algo para representar outra coisa.

Para melhor entender, pode-se pensar, ao ver determinado símbolo de uma marca, por mais que não tenha nada escrito, uma imagem, que também significa uma empresa, uma história. Por meio de uma convenção social, que com um certo tempo passou a representar a empresa e, assim, simbolizá-la nas mentes. Uma pessoa ou uma banda musical, por exemplo, pode representar e ser símbolo de uma cultura, de uma década que a sociedade vivenciou com a presença e a marca dessas pessoas, por meio de uma convenção social.

3.2.5 Uma terceira tricotomia dos signos

A terceira tricotomia é a relação entre o signo e o interpretante, na qual organiza os signos a partir da sua relação com as significações desse signo. Portanto, conforme a terceira tricotomia, um signo pode ser nomeado como, primeiramente, rema, dicissigno ou dicente e, por último, argumento.

Segundo Peirce (2015), uma rema é um signo que, para o seu interpretante, é um signo de possibilidade qualitativa, isto é, é compreendido como representando esta e aquela espécie de objeto possível. Toda rema propiciará, quiçá, certa informação, contudo, não é entendido dessa maneira. Portanto, a rema é um signo de primeiridade, que possibilita a criação de uma hipótese, de uma possibilidade.

Para um interpretante, um signo dicente é um signo de existência real, conseqüentemente, não será um ícone que dá base para interpretá-lo como sendo algo que se refere a uma existência real, isto é, um signo de existência atualizada, um fato. Um dicente, impreterivelmente, é abrangido como sendo parte dele, um rema (descreve o fato que é interpretado como sendo por ele indicado). Porém, sabe-se que é um tipo especial de uma rema e por mais que se saiba de sua importância, jamais o institui (PEIRCE, 2015).

O último signo mencionado dentro da terceira tricotomia é o argumento, o qual, para o seu interpretante, é um signo de lei. Conforme Peirce (2015), pode-se mencionar que

Uma rema é um signo que é entendido como representando seu objeto apenas em seus caracteres; que um dicissigno é um signo que é entendido como representando seu objeto com respeito à existência do real; e que um argumento é um signo que é entendido como representando seu objeto em seu caráter de signo (PEIRCE, 2015, p. 53).

Desse modo, o argumento para o seu interpretante é um signo de lei. Segundo Peirce (2015), uma possibilidade para melhor compreensão é refletir a respeito da essência de um juízo, sobre esse ato mental em que o julgador busca decretar a verdade de uma proposição.

3. 3 PERSPECTIVAS SEMIÓTICAS NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM: A SEMIÓTICA A PARTIR DA TEORIA DA OBJETIVAÇÃO

Atualmente, a maneira que se vive e se expressa no meio social está fortemente relacionada com os signos. É, inclusive, um dos fatores que impulsionou, nos últimos anos, o crescimento, surpreendentemente rápido, sobre os estudos relacionados à semiótica. Essa busca pela semiótica ocasiona uma crescente consciência de que se

vive em uma sociedade de sinais e artefatos (RADFORD; SCHUBRING; SEEGER, 2008).

Todavia, o que, exatamente, a semiótica tem a contribuir para a educação e para o processo de ensino-aprendizagem? Para Radford, Schubring e Seeger (2008), a resposta é simples e complexa. É simples à proporção que a matemática, seu tema central de pesquisa, é uma atividade simbólica intrínseca, isto é, a matemática é algo que acontece mediante o uso de sinais escritos, orais, corporais, entre outros.

Portanto, a semiótica, com seu conjunto de conceitos e tricotomias de conceitos, aparenta ser conveniente para entender e acompanhar os processos de pensamento, simbolização e comunicação da Matemática, assim como a Física, a Química e a Biologia. Entretanto, a semiótica pode ser complexa pelo fato de que, para processos de pensamento, simbolização e comunicação são subsumidos em sistemas simbólicos mais abrangentes, conforme sociólogos e antropólogos, décadas atrás.

A maneira como se pensa e se comunica não torna esses sistemas simbólicos meramente assuntos pessoais, mas algo que já está entrelaçado com a sociedade e com a cultura. Logo, Radford, Schubring e Seeger (2008, p. 8, tradução nossa) alegam que a semiótica é algo vantajoso, sendo “uma fissura do simbólico, uma perturbação do familiar, um agrupamento do cotidiano – de onde é possível investigar, resistir e transformar os signos e sistemas de signos pelos quais respiramos e vivemos”.

Ao se ministrar as aulas e, em especial, aulas de Física, Química, Biologia e Matemática, depara-se com alunos apreensivos, tendo como fator o medo e a complexidade com que, muitas vezes, essas disciplinas são desenvolvidas. Aprender e ensinar conceitos dentro dessas áreas requer uma variedade de recursos, por isso que, a cada dia, mais pesquisas na área de ensino estão sendo desenvolvidas, com o intuito de encontrar novas e adequadas técnicas de ensino, aprendizagem e avaliação.

Para Sabena (2008), essa variedade de recursos pode ser agrupada por duas fontes essenciais de conhecimento: o corpo (e atividades com artefatos) e a atividade com sinais. Todavia, há pouco tempo, por meio de distintas pesquisas, foi direcionado um olhar e considerado que os meios corporais de expressão podem ser utilizados como forma de *recursos semióticos* no processo de ensino-aprendizagem, e, na presente pesquisa, dá-se ênfase aos gestos como modo de recurso semiótico.

O motivo que faz com que se dê atenção aos gestos como recurso semiótico é por saber que quando as pessoas falam, elas gesticulam espontaneamente. Gesticular nada mais é do que uma ação natural e universal do corpo. Independentemente da cultura e da nação, as pessoas gesticulam ao falar e utilizam determinados gestos para se expressar, mesmo que sejam significados diferentes ou opostos, ainda assim, os gestos se fazem presentes na comunicação universal das pessoas.

Nos últimos anos, mais pesquisas vêm se destacando em áreas como a psicologia, a linguística e a antropologia, sobre a importância que os gestos têm na comunicação entre as pessoas, e, também, na sua forma de contribuir no processo do conhecimento. Essas pesquisas começaram há mais de três décadas, por Adam Kendon (2004), que foi um dos primeiros a propor que mediante a orientação do corpo e, especialmente, dos olhos, informações são fornecidas sobre a natureza e a direção da atenção de uma pessoa.

O gesto pode ser utilizado para fornecer um contexto para determinada expressão que foi falada, dessa forma, reduzindo a ambiguidade do significado do que é expresso. No entanto, os gestos podem ir além. As expressões realizadas com as mãos podem auxiliar a pessoa a se comunicar, a se expressar, a justificar e expor, por meio dos gestos, os seus pensamentos (KENDON, 2004).

Contudo, se os gestos são considerados uma expressão universal para a comunicação, podem ser vistos como uma linguagem? Os gestos, primeiramente, podem ser considerados como uma classe de movimentos coordenados que têm algum objetivo, porém, a linguagem tem como característica a fala, logo, seria inadmissível aceitar os gestos como uma maneira de linguagem.

À vista de diferentes definições, há a certeza de que os gestos acompanham a fala e vários tipos de ações que têm uma função simbólica ou semiótica, ou, ainda, como sistemas de gestos, linguagens de sinais alternativos ou idiomas. Não obstante, é possível identificar e distingui-los de outros movimentos corporais por meio de determinadas características.

Os gestos, geralmente, são caracterizados tendo como início certa posição de repouso, afastando-se da posição inicial e, posteriormente, retornando ao repouso, porém, dependendo da cultura e da idade, pode ocorrer uma diferença. Logo, é possível

melhor compreender os gestos por meio de seus tipos, conforme McNeill (SABENA, 2008). Os gestos, conforme McNeill (2000), podem ser identificados por meio de quatro tipos de gestos: gestos icônicos, gestos metafóricos, gestos dêiticos e gestos de batidas (figura 9).

Figura 9 – Tipologia dos gestos de acordo com McNeill (2000)

Tipo de gesto	Característica – Conforme McNeill
Gestos icônicos	Relação <i>direta de semelhança</i> com o discurso semântico (objeto ou evento).
Gestos metafóricos	Semelhante ao icônico, entretanto com o <i>conteúdo pictórico ao apresentar uma ideia abstrata</i> , sem forma física, sendo reflexo de uma abstração, referindo-se a expressões abstratas.
Gestos dêiticos	Gestos nos quais o <i>indivíduo toca indicando diretamente</i> um objeto, pessoal, local ou evento em si.
Gestos rítmicos (<i>beats</i>)	Gestos curtos, rápidos e com <i>ênfase no sentido da palavra</i> , no decorrer do discurso, isto é, movimentação juntamente com a <i>pulsção rítmica da fala</i> .

Fonte: A autora (2022).

Para McNeill (2000), o ato de gesticular não revela apenas o que se está passando em sua mente, sua imagem mental, mas um ponto de vista que o indivíduo tenha tomado em relação ao gesto, dando noção de que o sentido do gesto é, normalmente, global e sintético, jamais, hierárquico. Sendo assim, mediante a tipologia dos gestos, categorizada por McNeill (2000), existe a possibilidade de afirmar se é um gesto relevante e qual a sua relação no momento do discurso, e compreender, talvez, o que sucede em sua mente.

De acordo com Morey (2020), os signos são de comunicação e expressão, o que consente aos professores e aos alunos conceberem de significado os objetos do saber cultural. A articulação entre TO e a semiótica traz que a metodologia padrão, que mais irá contribuir na pesquisa para análise e discussão dos resultados, é obtida por meio de gravações de vídeos no decorrer das atividades em sala de aula. Todos os conceitos provocados em sala de aula são preponderantes semióticos.

Os signos desempenham o papel de comunicação e de expressão na sala de aula, participando, assim, do processo de ensino-aprendizagem. Junto à TO, os signos

contribuem para a constituição do saber, no labor conjunto que conduz à materialização do saber em conhecimento, além de estar presente nos processos de objetivação e de subjetivação. Paiva (2019) ainda define que a análise semiótica necessita da compreensão do papel do signo, porém, não como uma ferramenta mediadora do pensamento, mas como algo integrante e indissociável da ação de pensar.

Para a TO, os meios semióticos, assim como ela define, são um conjunto de meios dotados de significados que são impulsionados a partir do processo de objetivação e que conduzem os alunos a tomarem consciência dos objetos que são colocados culturalmente e historicamente. Os meios semióticos, que são impulsionados no processo de objetivação, podem ser a escrita, a ilustração no quadro branco, a fala – e, na fala, vale pensar nos tons e nas maneiras com que o discurso está sendo entoado – a expressão facial e corporal e, por fim, os gestos.

A importância que a semiótica tem na TO é no intuito de buscar explicações sobre os diferentes meios semióticos que se articulam com o labor conjunto e que, a partir dessa interação social, entre professores e alunos, instiga os alunos a se tornarem conscientes das lógicas culturais e das mais distintas maneiras de agir e de pensar culturalmente. Dado que, para a teoria da Radford, o signo, oriundo da semiótica, tem a relevância como um elemento que vincula o objetivo e o subjetivo, uma vez que o subjetivo (na essência de que é fornecido por um sujeito e expressa intenções) e o objetivo (na essência em que a expressividade do signo está posta num sistema cultural) denotam expressões e valores (RADFORD, 2015).

E, para compreender esses meios semióticos, dentro de uma pesquisa em Ensino de Ciências e Matemática, é essencial buscar construtos que sejam importantes e que contribuam no estudo dos processos de objetivação e de subjetivação a partir da semiótica. Logo, um primeiro construto relevante para essa pesquisa é a de pacote semiótico – oriundo de *semiotic bundle*⁵ – que representa o conjunto de meios semióticos que são desenvolvidos pelos professores e pelos alunos no decorrer de determinada atividade. Esses meios semióticos acontecem de uma maneira coordenada e unificada,

⁵ *Semiotic bundle*, conforme sua tradução do inglês para o português, é “pacote”, “feixe” ou “agrupar”. Neste estudo, optou-se por utilizar “pacote semiótico”.

isto é, são desenvolvidos no instante em que realizam certa atividade, seja um problema matemático ou uma discussão em grupo.

Portanto, conforme Arzarello (2006, p. 281, tradução nossa), um pacote semiótico é constituído de dois elementos essenciais, sendo: a) uma coleção de conjuntos semióticos; e b) um conjunto de relacionamentos entre os conjuntos do pacote.

Os pacotes semióticos são representações semióticas, desde que se considere a intencionalidade como uma característica relativa. Um exemplo para melhor compreensão é do pacote semiótico representado pela fala-gesto. Sabe-se que os gestos estão totalmente relacionados com a nossa fala (Kendon, 2004), (McNeill, 2000) e (Goldin-Meadow, 2017), logo, o gesto e a fala são meios semióticos que estão articulados entre si. Conforme Arzarello (2006), um pacote semiótico não deve ser considerado uma justaposição de conjuntos semióticos; pelo contrário, é um sistema unitário e é apenas para fins de análise que distinguimos seus componentes como conjuntos semióticos.

Pacotes semióticos permitem enquadrar a noção vygotskiana de mediação semiótica, esboçada acima em um cenário mais confortável. A dinâmica no processo de internalização, segundo Vygotsky, é baseada em atividades semióticas com ferramentas e signos, orientadas externamente, que produzem novas ferramentas psicológicas, orientadas internamente, completamente transformadas, mas ainda mantendo alguns aspectos de sua origem.

Assim, os pacotes semióticos evidenciam que os meios semióticos estão unificados no processo de aprendizagem e, particularmente, dentro do labor conjunto da TO. Os meios semióticos – ou recursos semióticos – são harmonizados no decorrer da atividade, definindo, assim, os significados entre os processos de objetivação e de subjetivação.

Para Radford (2021), existem três conceitos que podem auxiliar na averiguação dos processos de objetivação e na apresentação de aprendizagem pelos alunos, sendo: meios semióticos de objetivação, nós semióticos e contração semiótica.

Os *meios semióticos de objetivação* são aqueles artefatos, signos e outros dispositivos linguísticos que, conseqüentemente, docentes e discentes recorrem nos processos de objetivação. Estes dispositivos, conforme Radford (2021), são essenciais para a forma pelas quais as coisas se tornam gradualmente assistidas.

Os objetos, ferramentas, dispositivos linguísticos e signos que os indivíduos usam intencionalmente nos processos de criação de significados sociais para alcançar uma forma estável de consciência, para tornar claras suas intenções e para realizar suas ações a fim de atingir o objeto de suas atividades, são chamados de meios semióticos de objetivação. Estes são semióticos na medida em que são peças-chave na produção de significados embutidos nos processos de objetivação (RADFOR, 2021, p. 136).

O *nó semiótico* traz que o resultado do processo de objetivação acontece quando os meios semióticos são coordenados, e, de certa forma, direcionam o sujeito, em nosso caso, o aluno, a tomar consciência de determinados saberes. Conforme Radford (2021, p. 138) “este segmento do processo de objetivação, no qual recursos semióticos de diferentes tipos passam a desempenhar um papel crucial, é chamado de nó semiótico”.

Já a *contração semiótica* é uma evidência de aprendizagem, sendo um aprimoramento dos meios semióticos. Caso pensássemos em uma atividade sendo realizada em aula, em que estariam sendo realizadas escolhas sobre o que seria significativa e insignificante, este processo

levaria a uma contração da atividade semiótica anterior, resultando em uma ligação mais refinada de recursos semióticos. O significado deste processo é que ele reflete um nível mais profundo de consciência e inteligibilidade do problema em questão. Tomo isso como evidência de aprendizagem. O nome deste processo é contração semiótica (RADFORD, 2021, p. 139).

Sabena (2008) afirma que para analisar adequadamente a função dos gestos como recurso semiótico dentro da sala de aula, ele deve ser introduzido em uma abordagem semiótica que possibilite uma melhor definição de “signos”, logo, a autora reitera que a teoria de Peirce, abordada anteriormente neste texto dissertativo, contempla o objetivo da presente pesquisa e o articula de uma melhor forma. De acordo com a teoria de Peirce, um signo visa a representar um objeto que é, todavia, o motivo ou o determinante do signo, por mais que o signo represente seu objeto falsamente, isto é, o signo é uma coisa que representa outra coisa: o seu objeto (SANTAELLA, 2012).

Peirce define um signo como uma tríade constituída pelo signo ou *representâmen* (que representa), pelo objeto (o que é representado) e pelo interpretante.

O signo pode apenas representar o objeto e referir-se a ele. Não pode proporcionar familiaridade ou reconhecimento desse objeto; isto é, o que se pretende significar, nesta obra, por objeto de um signo, ou seja, que ele pressupõe uma familiaridade com algo a fim de veicular alguma informação ulterior sobre algo (PEIRCE, 2015, p. 47-48).

Sendo assim, um signo, ou *representâmen*, é algo que representa para alguém alguma coisa, ou aspecto, direcionando-se a determinada pessoa e criando na mente desse indivíduo um sinal equivalente. O objeto é o referente, logo, é aquilo que o signo representa realmente, porém, antes mesmo de ser interpretado, Peirce afirma que o *representâmen* é uma competência, uma capacidade (SABENA, 2008).

O interpretante é outra representação que se refere ao mesmo objeto. Charles Peirce fala de sinal, isto é, quando é utilizado um desenho para explicar certa palavra, outra definição do mesmo sistema semiótico (H₂O pode ser para água), ou, até mesmo, uma associação emotiva, sentimental, como utilizar a palavra *cobra* para relacionar com aquilo, ou pessoa, que é falsa, um atributo à falsidade.

O entendimento de signo instituído por Peirce é muito geral: todo fenômeno, simples ou complexo, pode ser interpretado como um sinal entrando em um processo semiótico. Portanto, o aspecto primordial para que algo seja um signo é ser capaz de representar outra coisa para alguém, onde “representar”, quer dizer estar em tal relação com outro que, para certos fins, é tratado por alguns como se fossem os outros.

Assumindo uma semiótica peirciana, tudo que entra em um processo semiótico é um signo e, assim, uma maior variedade de fenômenos, contendo movimentos corporais e gestos, podem ser encarados como *recursos semióticos*. Os gestos como recursos semióticos podem ser utilizados pelos professores e pelos alunos em suas aulas, nas quais se expressam por meio da fala e da comunicação não verbal, comunicação essa realizada, muitas vezes, pelo olhar, pela postura e, essencialmente, pelos gestos.

Arzarello (2006, p. 271) elabora o construto do entendimento sobre o conjunto semiótico. Para ele, um conjunto semiótico é caracterizado por três recursos distintos, apresentados a seguir:

- a) um conjunto de signos, que pode ser produzido por meio de diferentes ações, como proferir, falar, escrever, desenhar, gesticular e manusear um artefato;

- b) um conjunto de modos de produção e transformação desses signos; tais modos podem, possivelmente, serem regras ou algoritmos, mas, também, ações ou modos mais flexíveis usados pelo sujeito; e
- c) um conjunto de relações entre os signos e sua estrutura de significado subjacente.

Os gestos podem ser considerados, de acordo com o sistema peirciano de semiótica, como um recurso semiótico dentro da sala de aula, contribuindo, assim, para auxiliar os professores e os alunos. Singularmente, em disciplinas que são consideradas abstratas e complexas, nas quais os alunos têm dificuldade, até mesmo, de externalizar suas dúvidas, receios e certezas.

Conforme Sabena (2008), os gestos são capazes de ser considerados como signos, que conseguem ser dotados de estruturas de significados subjacentes, sendo, dessa forma, vinculados ao contexto, reproduzidos por representações corporais, em um certo equilíbrio peculiar, que não segue regras precisas nem mesmo algoritmos.

Se observar os gestos no decorrer de um discurso, de uma fala, se vistos de um ponto semiótico amplo, pode-se ver um pacote semiótico composto por dois conjuntos semióticos, um dos quais (fala) também é um sistema semiótico. À vista disso, tem-se que o pacote semiótico pode ser explorado diante de divergentes conjuntos semióticos ao mesmo tempo (SABENA, 2008).

O valor pedagógico dos gestos, dos professores e dos alunos, de uma perspectiva semiótica, pode ser visto como “recursos semióticos”, ou “modo semiótico”, que professores e alunos podem empregar, no mesmo momento em que expressam, desenvolvem, refinam e conectam ideias. Conforme Moro *et al.* (2015), professores das áreas de ciências naturais, tecnologia e matemática, utilizam-se de diversos recursos em sala de aula, como projeções na tela, modelos físicos, simulações computacionais, desenhos no quadro, etc., além da fala e de seus gestos.

Logo, esses recursos acabam influenciando a maneira como os professores gesticulam e articulam sua fala, juntamente com o gesto e, por consequência, sabe-se que assim como os demais recursos, auxiliam na aprendizagem. Os gestos também são recursos semióticos que dão suporte e instigam o processo de ensino-aprendizagem.

Conforme Silva e Gobara (2020), é fundamental que se considere a maneira de expressar cada recurso semiótico, por meio das pequenas diferenças, um mesmo

significado, logo, os gestos são capazes de contribuir na obtenção de uma compreensão adicional, complementar, mais ampla do que é proposta aos alunos. Ao realizar a ação de gesticular, o indivíduo produz ou propicia informações que podem contribuir naquilo que ele está a pensar. Isto é, o ato de gesticular do aluno pode desvendar informações sobre o que ele está compreendendo, suas dúvidas e, essencialmente, sobre o que está passando na sua mente naquele instante.

O aluno pode melhor compreender as informações que o professor quer expor mediante o recurso semiótico dos gestos. Sendo assim, o uso de distantes recursos/modos semióticos não somente define, como ajuda a delinear o ambiente da sala de aula como um cenário em que os sentidos são arquitetados, a partir de escolhas, por recursos semióticos que trazem o signo dos pensamentos, expectativas, informações e necessidades de cada aluno e de cada professor.

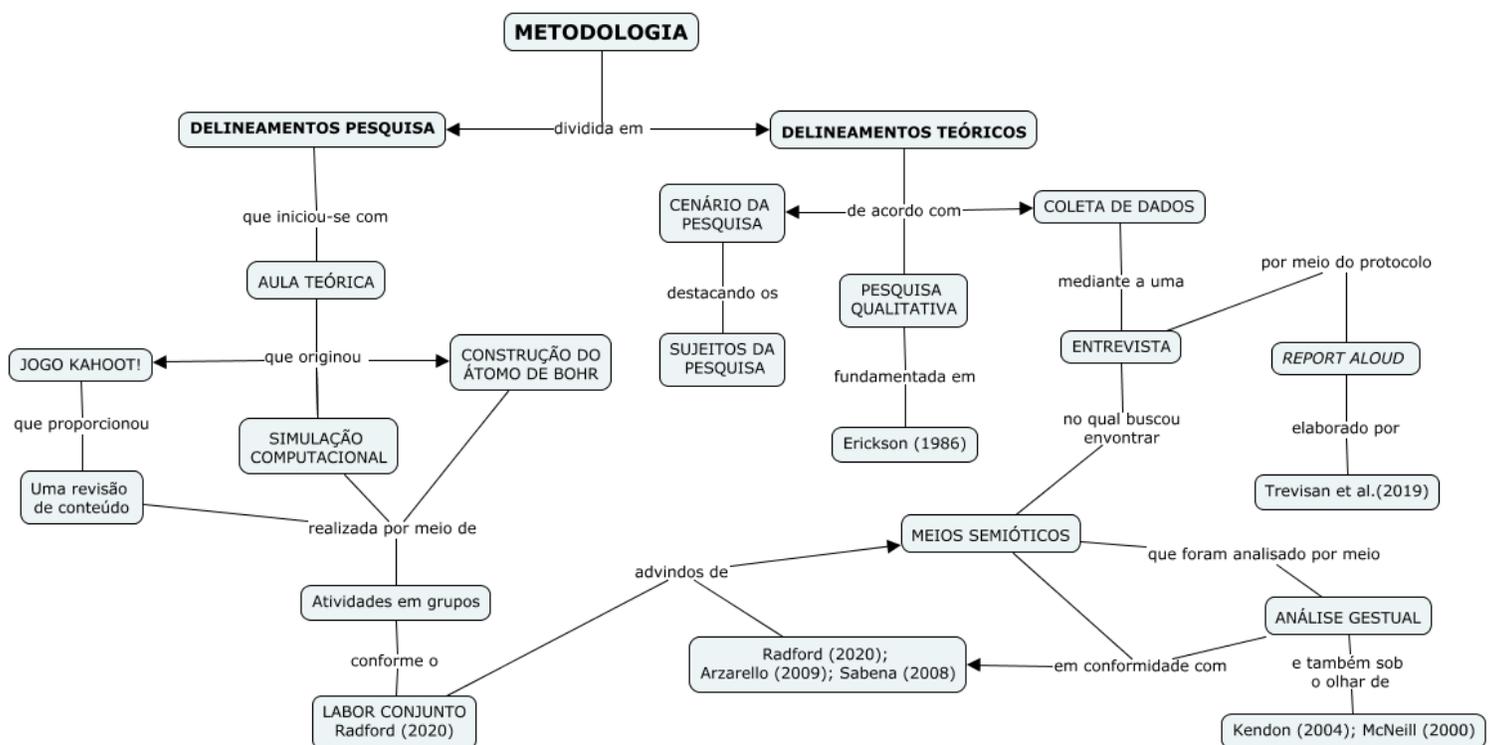
Ao findar do caminho trilhado na TO e na Semiótica de Peirce, o próximo capítulo vem para expor os delineamentos metodológicos de pesquisa, sendo, no primeiro momento, os delineamentos metodológicos: bases teóricas da pesquisa e o desenvolvimento da pesquisa.

4 METODOLOGIA: DELINEAMENTOS TEÓRICOS E DE PESQUISA

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada na presente pesquisa de doutorado. Para fins de clareza, a metodologia foi dividida em duas partes, sendo a primeira o delineamento metodológico: bases teóricas adotadas, e, a segunda, o desenvolvimento da pesquisa.

A primeira seção abordará as bases teóricas que foram utilizadas na presente pesquisa a fim de alcançar os objetivos propostos, e, a segunda seção apresentará o desenvolvimento da pesquisa a partir da atuação em sala de aula, partindo das bases teóricas expostas anteriormente. Para um melhor entendimento, a figura 10 a seguir apresenta um esquema da elaboração da metodologia da atual pesquisa de doutorado.

Figura 10 – Síntese da metodologia de pesquisa



Fonte: A autora (2022).

4.1 DELINEAMENTO METODOLÓGICO: BASES TEÓRICAS ADOTADAS

Uma abordagem qualitativa de pesquisa envolve alguns pressupostos sobre a natureza da sociedade que devem ser explicitados para a compreensão teórica e metodológica de seus diferentes tipos de estudo. A sociedade tem um conceito amplo, que remete a questões de coletividade, em que compartilham valores culturais, étnicos, econômicos e políticos. Logo, a sociedade pode ser vista como pessoas em ação, que

estão agindo conforme os sentidos que constroem para todos os objetos com os quais interagem na vida cotidiana, considerando essa construção de sentidos um processo constante de formação (ERICKSON, 1986).

Conforme Erickson (1986), distintos significados são construídos por meio de interações, isto é, interações entre indivíduos que estão na sociedade. Os seres humanos têm a capacidade de construir e de compartilhar significados entre eles, em que criam os significados por meio de suas interpretações. Dessa maneira, sabemos que os sujeitos possuem concepções, crenças e valores que orientam sua ação e a questão que se propõe à investigação é exatamente a de esclarecer como se interligam pensamento e ação.

Numa pesquisa qualitativa, conforme Zabalza (1994), deve-se atentar aos recursos metodológicos, pois são eles que delinearão a pesquisa a fim de alcançar os objetivos propostos. Isto posto, os recursos metodológicos são encaminhamentos que podem favorecer a construção de linhas de ações e o planejamento de uma pesquisa, oferecendo orientações e prevendo ações futuras, nas quais eles devem ser capazes de entender a conduta e conhecer quais são os pensamentos relacionados à referida ação.

Para Bogdan e Biklen (1994), uma abordagem qualitativa de pesquisa deve ressaltar a descrição, a indução, a teoria fundamentada e o estudo das percepções pessoais. A questão de pesquisa tem o objetivo de investigar um fenômeno em seu contexto natural e buscar sua compreensão a partir das perspectivas dos sujeitos. Assim, trazendo esse pensamento para a presente pesquisa, a investigação deve ocorrer em uma sala de aula, com o intuito de compreender qual o papel dos gestos docentes por meio da perspectiva dos alunos.

Segundo Erickson (1986), uma pesquisa deve procurar responder três questões fundamentais, pois é a partir delas que é possível compreender detalhes e significados da pesquisa, sendo estas:

1. O que está acontecendo, especificamente, na ação social que ocorre neste campo particular?
2. Que significados essas ações têm para os atores envolvidos quando ocorrem?
3. Como os acontecimentos estão organizados, em padrões de organização social, e quais são os princípios culturais que conduzem a vida cotidiana?

Já para a coleta de dados, Erickson (1986) destaca três técnicas de pesquisa que são pertinentes e muito utilizadas em pesquisas qualitativas. A primeira mencionada é a *observação participante*, assim chamada por que parte do princípio de que o pesquisador tem sempre um grau de interação com a situação estudada, afetando-a e sendo por ela afetado. O trabalho de campo deve ser desenvolvido por um longo tempo, com muitos encontros com os sujeitos, em seu ambiente natural, acompanhando e participando de suas atividades cotidianas, buscando descrever a situação, compreendê-la e revelar os seus múltiplos significados.

A segunda técnica mencionada e que é muito utilizada na área de ensino é a *entrevista*. É na entrevista que ocorre uma conversa intencional entre duas pessoas, dirigida por uma delas, com o objetivo de obter informações, também utilizada para recolher dados descritivos na linguagem do próprio sujeito, permitindo ao investigador desenvolver intuitivamente uma ideia sobre a maneira como os sujeitos interpretam aspectos do mundo. Erickson (1986) recomenda a realização de entrevistas semiestruturadas, com a elaboração de um roteiro orientador ou de uma lista de tópicos previamente estabelecidos.

A terceira técnica mencionada é sobre a importância de *textos escritos pelos sujeitos*. Os textos produzidos pelos sujeitos também constituem fontes naturais de informação para o pesquisador, referindo-se a cartas, redações, depoimentos, diários e outros registros escritos por eles: qualquer narrativa feita na primeira pessoa que descreva ações, experiências e crenças dos indivíduos (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

Findando a parte da coleta de dados, devemos relacionar a maneira que ocorrerá a análise de dados. Para Bogdan e Biklen (1994), essa é uma parte da pesquisa que expressa como funciona um processo de busca e de organização dos dados coletados, uma tarefa analítica para sua compreensão e interpretação. Em harmonia, Erickson (1986) a caracteriza como etapa de reflexão deliberada e duradoura sobre a documentação obtida: a reflexão impõe exame deliberado do observador sob seu ponto de vista interpretativo, sob suas fontes de teoria formal, sua formação cultural e seus valores pessoais.

Para Erickson (1986), os materiais coletados no campo não são dados por eles mesmos. Os dados precisam ser construídos através de meios formais de análise. Já o

processo de análise converte os recursos documentários em dados, isto é, o pesquisador vai percebendo regularidades e padrões, que constituem as categorias de codificação ou os meios para sua classificação e/ou agrupamento.

Como dito anteriormente, o ponto central desta pesquisa é investigar os gestos produzidos pelos discentes buscando identificar uma possível herança semiótica docente durante o processo de ensino-aprendizagem do átomo de Bohr. Para isso, foi necessário elaborar uma metodologia que permitisse isso. Portanto, a partir da explanação de Erickson (1986) e de Bogdan e Biklen (1994), elaborou-se a metodologia da presente pesquisa de doutorado, destacando que ela surgiu a partir da reflexão das três questões norteadoras de uma pesquisa qualitativa em ensino, de Erickson (1986).

4.1.1 Coleta de dados

A coleta de dados da pesquisa seguiu as orientações de Erickson (1986) e trilhou o caminho metodológico por meio de observações da professora-pesquisadora, de entrevistas e de questionários, que foram respondidos pelos alunos. As turmas que participaram da pesquisa já eram da professora-pesquisadora, ou seja, seu contato com os alunos para a pesquisa não foi algo diferente, mas, sim, natural, como se fosse uma aula normal dentro da matriz curricular. Logo, os alunos não estranharam a presença da professora.

As entrevistas aconteceram logo após as aulas sobre a temática do átomo de Bohr, por meio do *Google Meet*, em horário inverso ao da escola. A professora-pesquisadora realizou, conforme Erickson (1986), uma entrevista semiestruturada, pois, a partir das respostas e dos gestos dos alunos, novas perguntas foram feitas. Uma entrevista semiestruturada permite que exista um roteiro prévio, mas deixando a liberdade de modificar a partir de ações intrigantes, deixando a entrevista natural e mais dinâmica.

Para a entrevista, foram elaboradas três perguntas principais:

- Se tu fosses explicar para um colega o que é o átomo de Bohr, como tu explicarias?
- O que acontece quando um elétron salta de uma órbita menor para uma maior? E quando ele salta de uma órbita maior para uma menor?

- Dos diferentes recursos didáticos utilizados em sala de aula (quadro branco, *slides*, jogo, construção física e simulação computacional), qual desses recursos tu utilizarias ao explicar para um colega sobre o átomo de Bohr? Qual deles foi mais marcante para você?

Com base nessas perguntas, outras iam surgindo, naturalmente, no diálogo entre docente e discente. Como, por exemplo, a imagem do elétron ou do fóton, o tamanho de cada um deles, qual era a imagem mental que eles tinham naquele momento e, principalmente, novas perguntas surgiam quando o aluno gesticulava no momento em que explicava algum conceito, pois é a partir desses gestos que é possível compreender se existe uma herança dos gestos docentes.

Por fim, textos escritos pelos sujeitos também fizeram parte da coleta de dados da pesquisa. Após algumas semanas da realização das entrevistas, foi enviado um questionário aos alunos – via *Google Forms* – com o intuito de saber como havia sido para eles as aulas nas quais abordou-se o átomo de Bohr, conceito norteador da presente pesquisa, como uma forma de responder alguma lacuna que pudesse ter sido deixada nas entrevistas.

O questionário foi composto por nove perguntas objetivas, em escala *Likert*, e de três perguntas descritivas, semelhantes às realizadas nas entrevistas, sendo:

- Quando falas em "átomo de Bohr", qual imagem vem na sua mente?
- Você lembra de algum gesto feito em aula pela professora que auxiliou na compreensão (ou na lembrança) de algum conceito/termo?
- De todos os métodos de ensino (quadro, *slides*, *Kahoot*, maquete e simulação computacional), qual deles foi mais útil para o seu aprendizado? Por quê?

Além do questionário, utilizou-se outros registros, como o caderno dos alunos, o roteiro da simulação computacional e as interações no Google Sala de Aula. Sendo assim, mediante as observações da professora-pesquisadora (observação participante), as entrevistas e o questionário (texto escrito pelos sujeitos), foi possível coletar dados que permitissem analisá-los e discuti-los.

4.1.2 *Report Aloud*

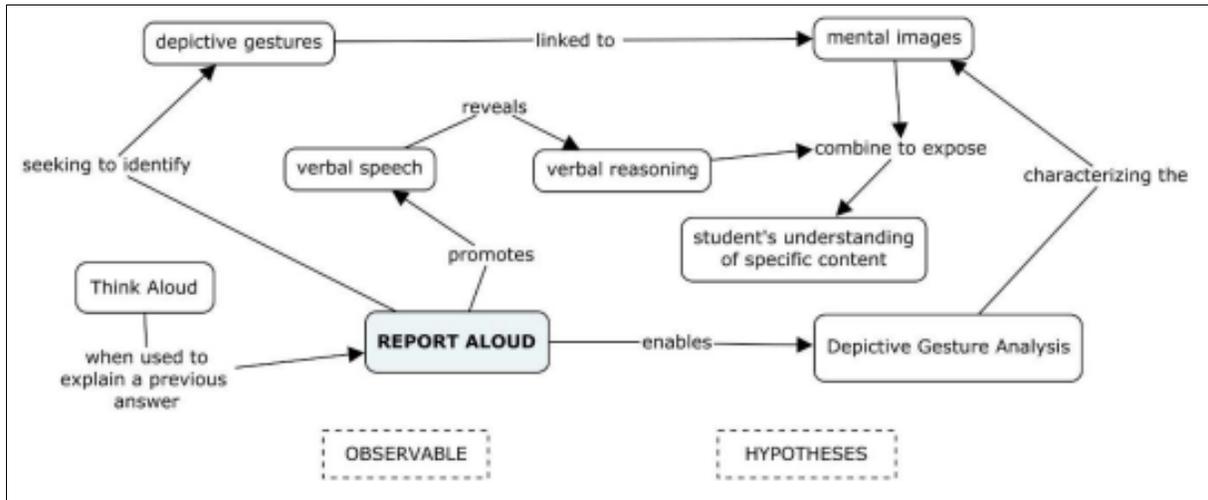
Nesta pesquisa, foi utilizada a técnica *Report Aloud* (TREVISAN *et al.*, 2019), que é uma adaptação da técnica *Think Aloud* (VAN SOMEREN; BARNARD; SANDBERG, 1994). O *Report Aloud* consiste em uma técnica de entrevista, em que o aluno é convidado a “pensar em voz alta”, isto é, responder as perguntas da entrevista como se estivesse pensando em voz alta.

A técnica, por meio desse protocolo, é utilizada para conduzir uma entrevista baseada em questões de um instrumento de produção de dados, respondidas pelo sujeito da pesquisa, em que o aluno responde as perguntas primeiro e, depois, ao finalizá-las, ele relata/descreve seu pensamento, seu processo. No decorrer do processo da entrevista, o aluno relata ao entrevistador o seu processo de pensamento enquanto responde as perguntas ou, como diz a expressão popular, seu “pensamento em voz alta”.

Optou-se por utilizar a técnica *Report Aloud*, pois ela se encaixa melhor nesta pesquisa, que tem como objetivo compreender os gestos dos discentes. Para isso, a técnica *Report Aloud* permite que seja possível compreender o que se passa na mente do aluno. Na *Report Aloud*, o aluno é convidado a relatar ao entrevistador seu processo de pensamento ao responder as perguntas, ou seja, o aluno resolve as questões e só então, ao concluir, relata seu processo de pensamento.

Conforme Trevisan *et al.* (2019), a principal vantagem é que os discentes resolvem o problema e, ao mesmo tempo, explicam seu raciocínio para o entrevistador. Este processo é capaz de revelar plenamente o que o raciocínio do aluno processa, em tempo real. A desvantagem é que, desta forma, a própria técnica provoca uma mudança no processo, uma vez que o aluno pode se sentir pressionado a responder rápida e corretamente com a presença de outra pessoa que a observa ao longo das suas resoluções.

A seguir, na figura 11, é explanado sobre o processo da Técnica *Report Aloud*.

Figura 11 – Síntese da técnica *Report Aloud*

Fonte: Trevisan *et al.* (2019).

A partir da figura 11, é possível compreender que a técnica *Report Aloud* promove, ao longo da entrevista, a compreensão do que se passa na mente do entrevistado ao responder as questões propostas. Ao responder em voz alta, o entrevistador consegue compreender o raciocínio que o entrevistado está tendo ao resolver/responder à questão, pois, a partir disso, o entrevistador consegue identificar gestos representativos. Assim, por meio dessa técnica, o pesquisador consegue enxergar a relação dos gestos realizados pelo aluno com o que está passando em sua mente, podendo, assim, identificar a origem dessas imagens mentais.

4.2 DELINEAMENTO METODOLÓGICO: DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

4.2.1 Cenário da pesquisa

A presente pesquisa de doutorado foi realizada na Escola Estadual de Ensino Médio Felipe Camarão, localizada na cidade de São Sebastião do Caí, região do Vale do Caí, entre os anos 2021 e 2022. O município, atualmente, tem uma população aproximada de 25 mil habitantes e uma área total de 145,8 km. Esta cidade é de origem

indígena, tendo como principais representantes os índios Tapes e Guaycanas, que habitavam a região onde hoje está localizada a cidade.

Por ser uma região que é cortada por um rio, os indígenas chamavam o rio de *Caahy*, que significa rio da mata, logo, compreendemos a origem do nome da cidade. Por volta de 1800, começaram a chegar as primeiras famílias de imigrantes luso-portugueses e, assim, iniciou-se o povoamento do município (PREFEITURA DE SÃO SEBASTIÃO DO CAÍ, 2022).

A Escola Estadual de Ensino Médio Felipe Camarão (figura 12) é a maior escola de Ensino Médio do município, atendendo alunos dos anos iniciais do Ensino Fundamental, dos anos finais do Ensino Fundamental e do Ensino Médio. No ano de 2021, registrou 637 matrículas, distribuídas em 25 turmas, entre todos os níveis de ensino, tendo como Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), em 2021, a nota 6,4 nos anos iniciais (sem dados para os anos finais do Ensino Fundamental e para o Ensino Médio (INEP, 2022)).

Figura 12 – Imagem da E.E.E.M. Felipe Camarão



Fonte: A autora (2022).

4.2.2 Sujeitos da pesquisa

Os participantes da pesquisa são alunos do 1º ano do Ensino Médio diurno, que estavam nas aulas presenciais e remotas (vale lembrar que o período da pesquisa foi no tempo da pandemia de Covid-19, logo, algumas aulas eram presenciais e outras remotas, via *Meet*), durante as aulas da disciplina de Física. Os alunos vieram de um ano e meio de aulas remotas, o que fez com que se tivesse um olhar diferenciado para esses alunos.

Eles eram de três turmas distintas – 1º ano A, 1º ano B e 1º ano C – totalizando a participação de 92 alunos na pesquisa. O 1º ano A compreendia 32 alunos, sendo uma turma de mesma divisão entre meninos e meninas, logo 16 meninos e 16 meninas. O 1º ano B apresentava 34 alunos, a maior turma dos 1º anos, compreendida por 21 meninos e 13 meninas. O 1º ano C era composto por 26 alunos, sendo 11 meninos e 15 meninas, sendo essa última turma a escolhida para ser a turma piloto da pesquisa.

O 1º ano C foi escolhido para ser a *turma piloto* por ser a menor turma de 1º ano, sendo assim, mais fácil de acompanhar o desenvolvimento dos alunos. Logo, essa turma piloto iniciou sua participação nas atividades um mês antes das outras duas turmas, para que, dessa forma, se pudesse analisar, organizar e conduzir as atividades da pesquisa

da melhor maneira, com as devidas alterações, caso fossem necessárias. Essa turma, 1º ano C, não consta nos resultados da presente tese de doutorado, portanto, os resultados que estão presentes na atual tese de doutorado são advindos do 1º ano A e do 1º ano B, as quais chamou-se de *turmas experimentais*.

Os alunos, após o desenvolvimento da pesquisa em sala de aula, foram convidados pela professora-pesquisadora a realizarem uma entrevista para a coleta de dados. Entre as duas turmas, 1º ano A e 1º ano B, 30 alunos aceitaram o convite de serem entrevistados via *Meet*, de acordo com os aspectos éticos.

Quanto aos aspectos éticos da pesquisa, por se tratar de participantes menores de idade, os responsáveis pelos estudantes que aceitaram participar das entrevistas, assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice D) e um Termo de Compromisso para Utilização de Dados (Apêndice E). Além do Termo de Assentimento Livre Esclarecido (Apêndice F) e do Termo de Autorização de Uso de Imagem, Nome e Voz (Apêndice G), autorizando seus filhos (ou menor sob sua guarda) a participarem da pesquisa. Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Luterana do Brasil, via plataforma Brasil, sob o número CAAE 23703019.6.0000.5349, em novembro de 2019.

Após o período de elaboração do projeto, de revisão de literatura e de trâmites éticos, iniciou-se a pesquisa em sala de aula. A pesquisa aconteceu no final da pandemia de Covid-19⁶, portanto, a sala de aula ainda se caracterizava por ter alunos presencialmente e remotamente.

Em cada semana havia dois períodos – uma hora cada período – da disciplina de Física para o 1º ano do Ensino Médio. Sendo assim, os alunos estiveram em contato com a pesquisa durante um mês, totalizando, dessa forma, oito horas de aplicação da pesquisa em sala de aula.

As entrevistas ocorreram na primeira quinzena do mês posterior à aplicação em sala de aula, novembro, via *Meet*, no contraturno dos alunos (tarde e/ou noite), conforme a disponibilidade dos alunos, tendo, em média, cerca de cinco a dez minutos cada entrevista.

⁶ PORTARIA MEC Nº 544, DE 16 DE JUNHO DE 2020. Dispõe sobre a substituição das aulas presenciais por aulas em meios digitais, enquanto durar a situação de pandemia do novo coronavírus - Covid-19.

A seguir, apresenta-se um cronograma de cada passo da pesquisa em sala de aula⁷.

Tabela 1 – Cronograma da pesquisa em sala de aula

PERÍODO	DURAÇÃO	ATIVIDADE
1ª semana de outubro – 2021	2h semanais	Aula teórica – quadro branco
2ª semana de outubro – 2021	2h semanais	Jogo e revisão – <i>Kahoot</i> e <i>slides</i>
3ª semana de outubro – 2021	2h semanais	Elaboração da maquete
4ª semana de outubro – 2021	2h semanais	Simulação computacional

Fonte: A autora (2022).

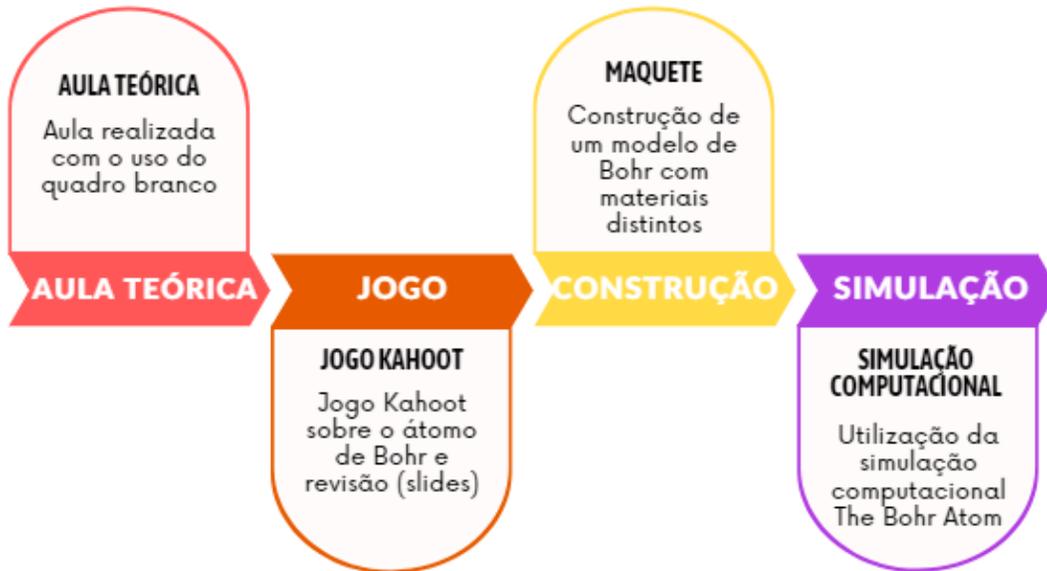
A primeira semana de pesquisa iniciou com uma explanação geral, com o uso do quadro branco, sobre o modelo atômico do átomo de Bohr, retratando a história de Bohr e sua trajetória até a construção de seus postulados. Após, foi explanado sobre os conceitos que abordavam o entorno do modelo do átomo de Bohr e, por fim, sua contextualização com o cotidiano, mencionando exemplos, como os fogos de artifício, lâmpadas de *led*, etc.

Após esse primeiro contato dos alunos com o átomo de Bohr, na segunda aula sobre o assunto, foi realizado um jogo – *Kahoot* – que permitia que os alunos se lembrassem e, ao mesmo tempo, se divertissem e competissem entre eles, ao responderem questões relacionadas ao átomo de Bohr e aos modelos atômicos (uma maneira de revisar os modelos anteriores a Bohr). Posterior a essa parte mais teórica, os alunos, na terceira aula da pesquisa, ganharam materiais para que, a partir da criatividade e da singularidade deles, construíssem um modelo atômico de Bohr para explicar aos demais colegas em sala de aula.

Por fim, para finalizar e contribuir para preencher lacunas que poderiam ter sido deixadas nas aulas anteriores, os alunos receberam um guia para a utilização em uma simulação computacional. Um esquema (figura 13) foi elaborado para melhor visualização das aulas em que foi abordado o conteúdo do átomo de Bohr, demonstrando de que maneira cada uma delas ia complementando a outra.

⁷ As aulas foram baseadas na pesquisa de FREITAS, S.A. **Um estudo da utilização didática de ferramentas de cognição extra cerebrais por estudantes do ensino fundamental do modelo do átomo de Bohr**. 2019. 162 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2019.

Figura 13 – Síntese das aulas sobre o átomo de Bohr



Fonte: A autora (2022).

Vale ressaltar que todas as aulas foram transmitidas via *Meet* para os alunos que estavam no ensino remoto e, todos, alunos presenciais e alunos remotos, ganharam as mesmas atividades para realizar, fossem elas em sala de aula ou em casa. Além disso, para a análise dos gestos da docente e do acompanhamento das oito horas de aula, as aulas teóricas (aula 1 e 2) da professora-pesquisadora foram gravadas, um diário de campo a acompanhou para as devidas anotações, pertinentes quando do desenvolvimento das atividades com os alunos, além do registro por meio de fotografias.

4.3 DESCRIÇÃO DAS AULAS – ÁTOMO DE BOHR

Nesta seção, será apresentada a descrição de cada aula realizada no decorrer da pesquisa. Foram duas horas semanais em um mês de aplicação. Na primeira semana, aconteceram as aulas um e dois, que consistiram na explicação teórica do modelo atômico de Bohr, por meio da utilização do quadro branco e, posteriormente, da utilização de *slides* para explanar sobre o conteúdo proposto.

Na segunda semana, aulas três e quatro, foi realizada a aplicação do jogo *Kahoot*, e, também, uma revisão breve do modelo atômico de Bohr, por meio dos *slides* utilizados anteriormente.

Na terceira semana, aconteceram as aulas cinco e seis, em que os alunos construíram uma maquete do modelo atômico de Bohr. Finalizando, na quarta e última semana, ocorreu a utilização da simulação computacional *The Bohr Atom* pelos alunos.

4.3.1 Aula teórica (aula 1 e aula 2)

Para dar início à intervenção didática, optou-se por começar com uma aula dita “tradicional”, isto é, uma aula no quadro branco e com a explanação da professora-pesquisadora sobre o átomo de Bohr. Tal como já mencionado anteriormente, nesse texto, a aula foi desenvolvida retratando desde a vida e a obra de Bohr até chegar em seus postulados e, finalmente, em como funciona o modelo do átomo de Bohr, com ilustrações no quadro e gestos realizados pela docente.

Complementarmente, os *slides* utilizados para a explicação referente ao assunto norteador da pesquisa estão nos apêndices deste estudo (Apêndice A). Como é possível perceber, os *slides* foram construídos revisando os modelos atômicos de Bohr – pois percebeu-se, no decorrer da primeira aula, que os alunos não lembravam dos modelos – e, posteriormente, utilizou-se *gifs* e imagens que mostravam, de uma maneira colorida e lúdica, os conceitos de átomo, de elétrons, de prótons, de nêutrons e, particularmente, de fóton.

4.3.2 Jogo *Kahoot* (aula 3 e aula 4)

Após a primeira semana de intervenção, na qual explicou-se, por meio do quadro branco e de *slides*, os modelos atômicos e, mais especificamente, o modelo atômico do átomo de Bohr, realizou-se um jogo – *quiz* – pela plataforma educativa *Kahoot*. Essa plataforma é baseada em jogos, usada como tecnologia educacional em escolas e outras instituições de ensino.

Conforme a definição da própria plataforma educacional, seus jogos de aprendizado, "*Kahoots*", são testes de múltipla escolha, que possibilitam aos estudantes pensar, discutir e refletir sobre os conhecimentos expostos anteriormente, além de ser uma forma distraída e competitiva entre os alunos. O jogo da presente pesquisa foi constituído por dezessete perguntas de múltipla escolha.

As primeiras questões tinham relação com os primeiros modelos atômicos; posteriormente, as perguntas estavam relacionadas com o conceito, com as características e com os postulados de Bohr. O *quiz* foi realizado individualmente ou em duplas, por meio dos celulares dos alunos e da internet fornecida pela escola. Dentre as dezessete questões, cinco eram de verdadeiro ou falso, e, as demais, eram de múltipla escolha. O *Kahoot* tinha as seguintes perguntas em seu jogo (Tabela 2):

Tabela 2 – Perguntas realizadas no jogo *Kahoot*

PERGUNTAS REALIZADAS PARA O JOGO DO ÁTOMO DE BOHR
1. Qual foi o primeiro modelo atômico proposto:
2. O modelo de Rutherford era caracterizado por ter um núcleo:
3. Qual modelo atômico era conhecido como "pudim de passas"?
4. Qual dos modelos atômicos é caracterizado como "modelo planetário"?
5. Danton caracterizava o átomo como:
6. Thomson é caracterizado como átomo neutro (núcleo positivo e elétron negativo)
7. Rutherford acreditava que os elétrons orbitavam ao redor do núcleo atômico.
8. Bohr tem como principal característica:
9. Quantização de energia é oriunda de qual modelo atômico?
10. Em 1913, as camadas eletrônicas foram descobertas por:
11. Thomson é conhecido como o modelo de bilhar.
12. Dalton é o modelo que afirma que o átomo é indivisível e indestrutível.
13. Rutherford é o modelo planetário e com núcleo denso e grande.
14. Bohr retrata sobre as órbitas estacionárias.
15. Fóton é uma partícula elementar que compõem a luz e...
16. Modelo núcleo com quantização de energia é o modelo atômico de:
17. Bohr fez quantos postulados (princípios)?

Fonte: A autora (2022).

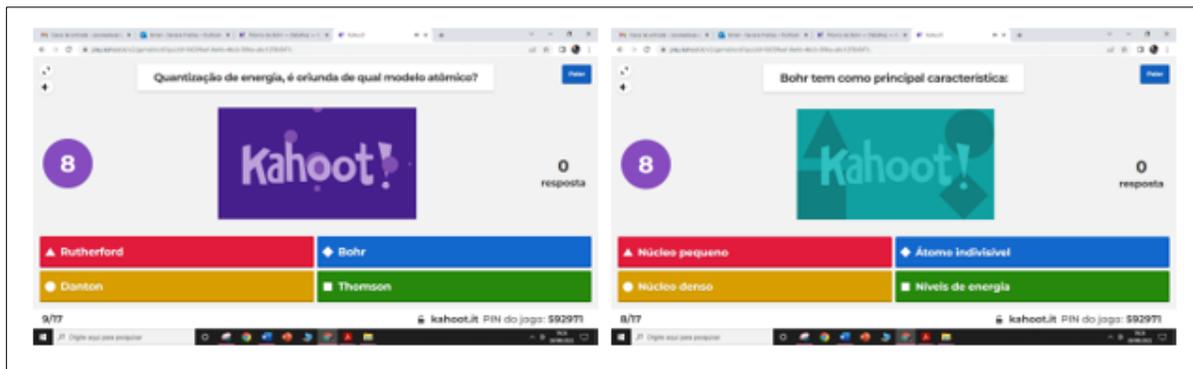
O jogo aconteceu posteriormente, subsequente às aulas teóricas, com o intuito de relembrar os alunos, bem como de verificar o que eles tinham compreendido sobre o assunto. Constam duas figuras, a primeira (figura 14) com os alunos em sala de aula, prontos para iniciar o jogo e, na sequência, a tela do jogo (figura 15) para melhor visualização da maneira que ocorreu o *quiz*.

Figura 14 – Alunos jogando *Kahoot*



Fonte: a autora (2022).

Figura 15 – Imagem da tela sobre como funciona o jogo *Kahoot*.

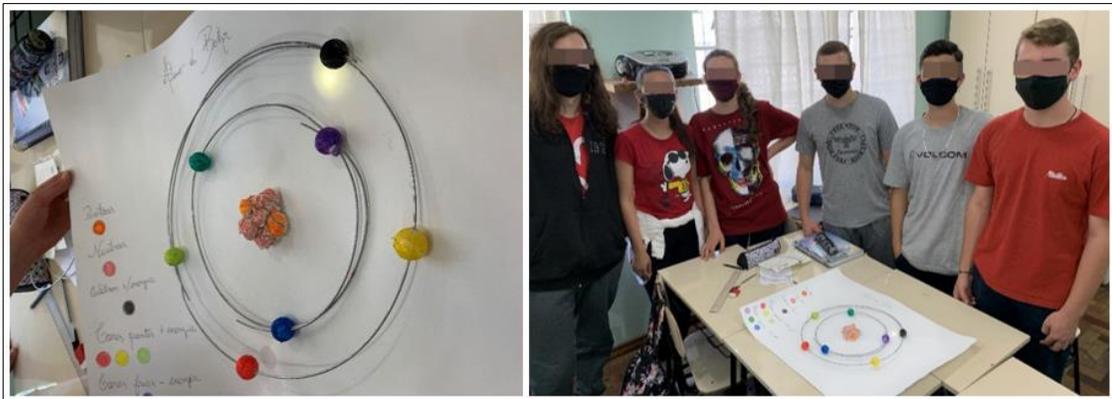


Fonte: A autora (2022).

4.3.3 Construção do átomo de Bohr (aula 5 e aula 6)

Após o momento de explanação teórica, os alunos receberam distintos materiais: isopor, cartolina, arame, tinta têmpera, tinta relevo, pincéis, massinha de modelar, bolinhas de isopor, dentre outros. A partir desses materiais ou de outros que eles quisessem usar, eles deveriam construir um modelo atômico de Bohr para explanação em sala de aula. Cada grupo criou o seu modelo mediante a sua criatividade, sendo assim, diversos modelos foram criados, cada um utilizando um tipo de material. Nas figuras 16, 17, 18 e 19, é possível visualizar os alunos e seus modelos de Bohr elaborados.

Figura 16 – Alunos construindo seu modelo de Bohr



Fonte: A autora (2022).

Figura 17 - Alunos construindo seu modelo de Bohr



Fonte: A autora (2022).

Figura 18 – Alunos construindo seu modelo de Bohr



Fonte: A autora (2022).

Figura 19 – Alunos construindo seu modelo de Bohr



Fonte: A autora (2022).

Para finalizar a coleta de dados, os alunos foram convidados a participar de uma entrevista semiestruturada, utilizando a técnica *Report Aloud*. Foram 30 alunos que se dispuseram a serem entrevistados via *Meet*. Optou-se por fazer a entrevista via *Meet* pela questão da disponibilidade de horário dos alunos, pela facilidade e, também, para melhor visualização dos gestos. Por meio dessa coleta, será possível compreender a herança semiótica dos gestos, bem como os processos de objetivação e de subjetivação.

4.3.4 Simulação computacional (aula 7 e aula 8)

Para finalizar as aulas sobre o átomo de Bohr, optou-se por utilizar uma simulação computacional, pois, a partir dela, é possível enxergar os conceitos abstratos relatados nesse conteúdo e exibir, com uma melhor precisão, a movimentação dos elétrons nas órbitas eletrônicas.

A simulação computacional escolhida foi a *The Bohr Atom*⁸, pois ela tem acesso gratuito, facilidade para ser acessada via *smartphone* e um *layout* que permite que o aluno visualize e compreenda da melhor forma o processo do átomo de Bohr.

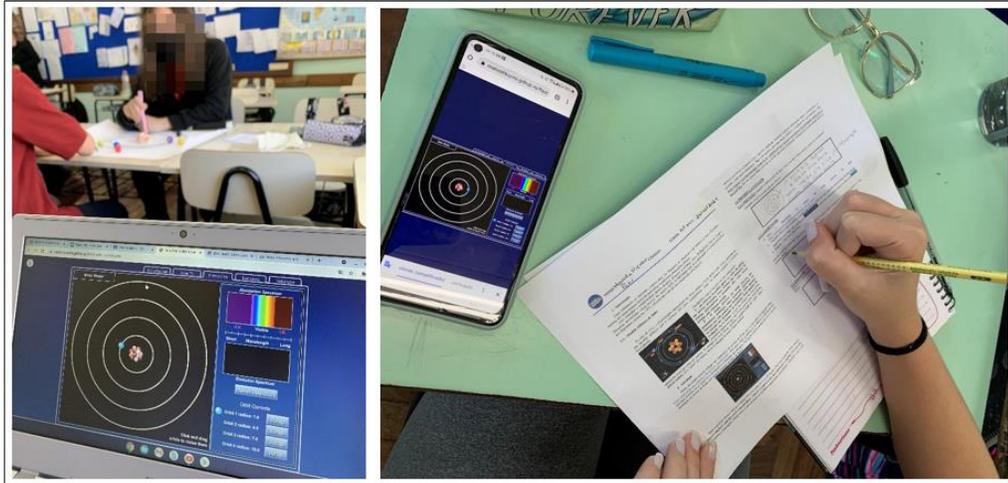
Os alunos ganharam um guia (Apêndice B) para a realização de atividades na simulação computacional. Na primeira parte, foi discorrido sobre a história do átomo de Bohr e seus postulados; posteriormente, tinham atividades que seguiam a técnica descrita como P.O.E. (*Predict-Observe-Explain*) (TAO; GUNSTONE, 1999).

Esta técnica consiste em fazer com que o aluno tente prever o que irá ocorrer antes da simulação e registrar suas expectativas. Em seguida, ele efetua a simulação, observando o que acontece e registrando os fenômenos. Finalmente, ele compara o esperado com o que foi simulado, tentando explicar diferenças entre o observado e o previsto.

Abaixo, imagens da utilização da simulação computacional em sala de aula (figura 20 e figura 21).

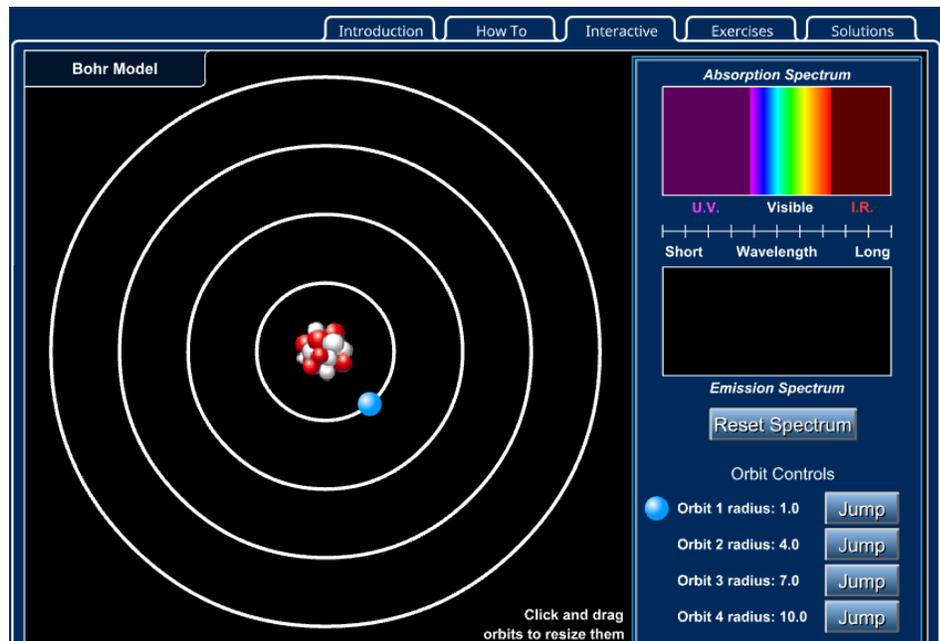
⁸ https://maheshkurmi.github.io/flash/bohr_model.html

Figura 20 – Alunos utilizando a simulação *The Bohr Atom*



Fonte: A autora (2022).

Figura 21 – Tela da simulação computacional *The Bohr Atom*



Fonte: A autora (2022).

No próximo capítulo, serão apresentados os resultados obtidos a partir da realização da intervenção didática, realizada em sala de aula. Dissertando, assim, sobre cada uma das entrevistas, sobre o questionário, o roteiro da simulação computacional dos alunos e sobre fragmentos do diário de campo da professora-pesquisadora.

5 ANÁLISE DE RESULTADOS

O presente capítulo, *Análise de resultados*, irá apresentar os dados coletados no decorrer da pesquisa, por meio da descrição das oito aulas realizadas, dos excertos das entrevistas com os alunos, do questionário realizado pelos alunos após cinco meses (março/2022) da aplicação da pesquisa em sala de aula e, por fim, dos trechos do diário de campo da professora-pesquisadora e dos fragmentos do roteiro da simulação computacional dos alunos.

Para melhor clareza dos resultados, primeiramente, será apresentada a descrição de cada uma das aulas que foram realizadas para a coleta de dados. A descrição contará, com detalhes, o desenvolvimento de cada aula, tal como apresentará imagens para melhor ilustração. Após, os excertos das entrevistas foram divididos em alguns “episódios”, tal como Radford (2020) propõe, sendo: Episódio I – Átomo de Bohr, Episódio II – Elétron, e, por fim, Episódio III – Fóton.

A divisão desses episódios ocorreu por serem os conceitos que mais foram explanados pelos alunos no decorrer das entrevistas, logo, emergiram naturalmente. No primeiro instante das entrevistas, os alunos, ao serem questionados sobre como eles explicariam para um colega o que é o Átomo de Bohr, eles, naturalmente, iam descrevendo como eles imaginavam o Átomo de Bohr em sua mente.

A maioria dos alunos explanou sobre esse conceito de uma forma geral, sendo assim, este foi o primeiro episódio selecionado, por ser algo mais geral e que, a partir dessa explicação, outros conceitos foram surgindo, como o elétron e o fóton.

Os episódios II e III, Elétron e Fóton, respectivamente, são oriundos da explicação dos alunos no primeiro instante das entrevistas. O elétron já era um conceito mais próximo dos alunos, a maioria já havia ouvido ou estudado sobre ele; já o conceito de fóton foi algo novo e singular em um primeiro momento.

Em seguida, na apresentação dos três episódios serão abordados os resultados obtidos no questionário realizado pelos alunos, tal como alguns trechos do roteiro da simulação computacional efetuado por eles nas duas últimas aulas da pesquisa.

5.1 EPISÓDIOS

Os episódios apresentados são constituídos por excertos das entrevistas realizadas com os alunos após as aulas sobre o átomo de Bohr. Por meio da seleção de episódios proeminentes, selecionou-se vídeos gravados e transcritos. Posteriormente, esses episódios foram transcritos e interpretados a partir de dados multissemióticos, tais como as pausas, hesitações, entonações de voz, gestos e movimentos físicos.

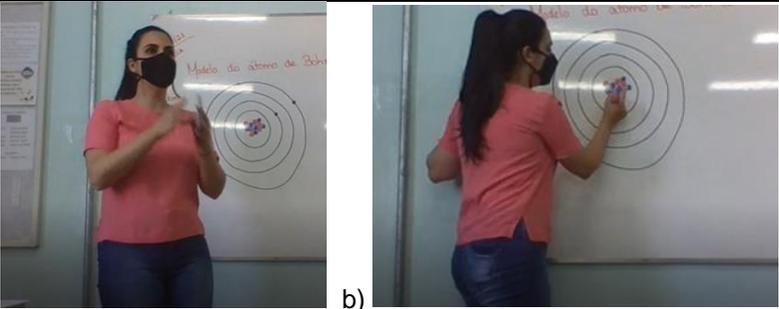
Os episódios foram analisados conforme a metodologia proposta na TO (Radford (2015) em que, no primeiro momento, foi realizada a transcrição das entrevistas – realizadas por meio do protocolo *Report Aloud* – e, posteriormente, foram selecionados os “segmentos relevantes”⁹, que se referem a passagens que parecem conter evidências dos processos de objetivação e/ou de subjetivação.

Os processos de objetivação são aqueles processos em que se percebe algo culturalmente significativo, algo que é descoberto à consciência não passivamente, mas por meio de atividades corporais, afetivas, emocionais e semióticas. Nesta pesquisa, destaca-se, por meio dos gestos, que algo culturalmente significativo pode ser revelado, no qual acredita-se que os gestos podem evidenciar esses processos.

Os episódios que surgiram e que serão apresentados são advindos dos principais gestos realizados pelos alunos. Sendo assim, foi possível articular, relacionar e refletir sobre sua herança por meio dos gestos docentes. Todos os episódios que serão apresentados contêm os gestos das entrevistas após a intervenção didática, tal como alguns trechos do diário de campo da professora-pesquisadora, do roteiro da simulação computacional durante a aula e do questionário realizado posteriormente à intervenção didática. Em cada turma foi escolhido um gesto diferente pela professora-pesquisadora e seu orientador, isto é, na turma A, a professora-pesquisadora utilizou determinados gestos ao explicar sobre o átomo de Bohr (Figura 22); já na turma B, outros gestos foram elaborados e utilizados no decorrer das aulas (Figura 23). Na Figura 24 está presente os gestos de alguns alunos.

⁹ *Saliente segments*, conforme Radford (2015, p. 561, tradução nossa), são os segmentos salientes que referem-se a passagens que parecem conter as evidências de aprendizagem procuradas. Uma vez identificados os segmentos salientes, eles são submetidos a uma transcrição (caso a transcrição ainda não tenha sido feita).

Figura 22 – Catálogo dos gestos da turma A

GESTO	DESCRIÇÃO
NÚCLEO	Com as duas mãos próximas ao corpo (a) ou ao explicar no quadro branco (b).
	 <p>a)  b) </p>
ÓRBITA	Com o dedo polegar e indicador, como se estivesse segurando uma bolinha, realiza movimento circulares, no sentido horário.
	
ELÉTRON	Com os dedos polegar e indicador, realiza-se o movimento como se estivesse segurando alguma bolinha.
	
FÓTON	Com as duas mãos, realiza-se o movimento de abre e fecha rapidamente.
	

Fonte: A autora (2022).

Figura 23 – Catálogo dos gestos da turma B

GESTO	DESCRIÇÃO
NÚCLEO	Com as duas mãos próximas ao corpo, porém, com as mãos mais fechadas.
	
ÓRBITA	Com os dedos polegar e indicador próximos um ao outro, como um formato de círculo, realiza-se movimentos circulares, no sentido horário.
	
ELÉTRON	Com os dedos polegar e indicador próximos um do outro, forma-se um formato de círculo.
	
FÓTON	Com o dedo indicador, realiza-se um movimento rápido, semelhante ao de uma flecha ou raio.
	

Fonte: a autora (2022).

Figura 24 – Catálogo dos gestos dos alunos

GESTO	DESCRIÇÃO	
NÚCLEO		
ÓRBITA		
ELÉTRON		
FÓTON		

Fonte: a autora (2022).

Para melhor clareza dos dados, os rostos dos alunos foram esboçados para não serem identificados, tal como os nomes foram ocultados. Logo, nos excertos das entrevistas, os alunos serão identificados pela letra A (que refere a “aluno”) e um número em sequência, preservando, assim, os nomes dos alunos.

O primeiro episódio selecionado para a análise foi sobre uma visão geral do Átomo de Bohr, Episódio I – Átomo de Bohr, no qual os alunos destacam sobre o núcleo e as órbitas do modelo atômico. Optou-se em ser esse o primeiro episódio, pois apresenta de uma maneira geral, o que eles compreendem sobre o átomo de Bohr; desta forma, os alunos acabam destacando o núcleo, as órbitas e como eles têm a imagem do átomo na mente deles.

O segundo episódio, Episódio II – Elétron, já aborda sobre o conceito do elétron conforme os alunos compreendem. Este episódio apresenta as imagens mentais que os alunos têm ao explanarem sobre o elétron e, em especial, sobre como o elétron se comporta no modelo atômico.

Finalmente, o terceiro e último episódio aborda o conceito do fóton, Episódio III – Fóton. Este último episódio destaca um conceito que, por muitas vezes, acaba se tornando um pouco abstrato para os alunos. O fóton, conforme será exposto neste episódio, foi abordado pelos alunos em suas imagens mentais representado pelos gestos, pelos *gifs*, pelos *slides* e por outros signos que foram desenvolvidos em aula, tal como os demais episódios.

Esses episódios trazem uma riqueza de excertos, que foram selecionados por meio de segmentos relevantes. Inicialmente, em seu primeiro episódio, com uma visão geral do átomo de Bohr e, em seguida, abordando nos dois próximos episódios, dois conceitos específicos que mais foram mencionados pelos alunos no decorrer das entrevistas.

5.1.1 Episódio I – Átomo de Bohr

Desde o século V a. C, na Grécia Antiga, por meio de Leucipo e de Demócrito de Abdera, os modelos atômicos foram sendo sugeridos, refletidos e discutidos, conforme Velasquez-Toribio (2022),

Na doutrina de Demócrito, o cosmos é formado por átomos, os quais são elementos fundamentais, indivisíveis e indestrutíveis que se distinguem entre si por suas características geométricas. Estes átomos imutáveis, ao agregarem-se ou desagregarem-se, produzem as diferentes estruturas do Universo. Por outro lado, estas ideias atomistas foram fortemente criticadas pelos dois maiores filósofos da Antiguidade: Platão e Aristóteles (VELASQUEZ-TORIBIO, p. 65, 2022).

Diante do exposto por Velasquez-Toribio (2022), na Grécia Antiga, já se refletia a matéria como sendo constituída de átomos, porém, essas ideias, consideradas como atomistas, no transpassar do tempo, foram sendo condenadas por Platão e Aristóteles. Posteriormente, as ideias sobre a constituição do átomo foram sendo discutidas na filosofia de Epicuro, passando, na Idade Média, pelo pensador árabe Al-Ghazali, e, na Idade Média Ocidental, pelo pensador Nicholas de Autrecourt. Nada obstante, essas discussões não foram contínuas.

O conceito de átomo foi se atualizando a partir de Dalton, no momento em que ele utiliza os estudos de Gssendi e Lavoisier. Os estudos desses cientistas, os quais acreditavam que os elementos eram constituídos por uma associação de átomos, estabeleceu-se por distintos experimentos, que contemplava distintos perfis de átomos com massas e propriedades diferentes, afirmando que o átomo seria "uma esfera maciça indivisível e indestrutível" (PARENTE, 2013).

Thomson, posterior a Dalton, modifica o modelo atômico afirmando a existência de carga elétrica. Isso ocorreu por meio de "experimentos envolvendo eletricidade e eletromagnetismo. A explicação para as cargas elétricas (positivas e negativas) foram essenciais para se criar uma nova estrutura" (PARENTE, p. 69, 2013).

Logo, Thomson propôs, em 1904, seu famigerado modelo atômico de Pudim de Passas. Este modelo compreendia que o modelo do átomo seria como uma esfera sólida positiva, com as cargas elétricas negativas na parte superior da esfera. Este modelo provocou, a partir das bases experimentais, a elaboração do modelo de Rutherford (VELASQUEZ-TORIBIO, 2022).

Em 1911, Rutherford propõe, então, um novo modelo atômico, o qual ele conceitua como a

[...] carga positiva deveria estar concentrada na parte central e os *elétrons ficariam em órbitas circulares girando em torno do núcleo* [...]. Neste contexto, Bohr propõe um novo modelo do átomo que pretende incluir tanto os desenvolvimentos de Rutherford quanto as ideias de quantização de Planck e Einstein (VELASQUEZ-TORIBIO, p. 68, 2022).

Conforme Peduzzi e Basso (2005), no último dos três artigos publicados no *Philosophical Magazine*, em 1913, e que foi reunido na obra *On the Constitution of Atoms and Molecules*, Bohr elaborou cinco postulados com referência ao átomo de Bohr, sendo:

1) Um sistema atômico emite (ou absorve) energia apenas quando passa de um estado estacionário (estado de energia fixa) a outro; 2) Nos estados estacionários, o equilíbrio dinâmico de um sistema é regido pelas leis da mecânica clássica. Essas leis não são válidas nas transições entre diferentes estados; 3) A radiação emitida durante a transição de um sistema de um estado estacionário a outro é homogênea. A relação entre a frequência, ν , e a energia emitida, E , é $E = h \cdot \nu$, onde h é a constante de Planck; 4) Os diferentes estados estacionários de um sistema simples, como o de um elétron que gira em torno de um núcleo positivo, são determinados pela condição da razão entre a energia total emitida na formação da configuração; e 5) O estado permanente de um sistema atômico, isto é, o estado no qual a energia emitida é máxima, é determinado pela condição de que o momento angular de cada elétron em torno do centro de sua órbita seja igual a $h/2\pi$ (PEDUZZI, p. 182, 2015).

Assim, se chega no modelo atômico de Niels Bohr, que tinha a hipótese quântica de Planck e a estrutura planetária que era propositiva por Rutherford, que pode ser a entrada do mundo da estrutura da matéria para muitos alunos do Ensino Médio. Isso se dá pelo fato de que, nos livros didáticos que abordam o tema, acabam retratando o modelo atômico de Bohr assim como nos livros universitários. Dificultando, portanto, a compreensão e dificultando a entrada desses alunos no mundo da matéria, conseqüentemente, da Física Moderna e Contemporânea (PARENTE, SANTOS E TORT, 2014).

Neste contexto, este é um dos motivos da escolha do modelo de Bohr para ser o conceito abordado na intervenção didática da atual pesquisa de doutorado, buscando trazer uma proposta de estudo do modelo de Bohr para alunos do Ensino Médio, utilizando a construção do próprio modelo atômico de Bohr por meio da criatividade e da liberdade dos alunos ao trabalharem em grupo com distintos materiais, bem como a utilização da simulação computacional, as aulas em quadro branco e em *slides*.

Consequentemente, tem-se esse olhar para a comunicação não verbal – os gestos – no processo de ensino-aprendizagem dos alunos.

As formas como foram elaboradas e aplicadas as aulas, com os distintos recursos didáticos, objetivando aproximar esse conteúdo, que pode ser o primeiro contato dos alunos com a Física Moderna e Contemporânea, por meio de recursos que não decorresse de uma forma tão complexa, assim como a utilização de equações, difíceis de associar com a realidade dos alunos.

Assim, apresenta-se, nesse primeiro episódio, alguns excertos das entrevistas, com demais dados da coleta de dados, nas quais os alunos mencionam o que eles compreendem sobre o átomo de Bohr, de uma maneira geral. Primeiramente, apresentamos a aluna A22, que retrata que, no primeiro instante, ela lembra diretamente do trabalho que eles fizeram ao elaborar o modelo atômico (Figura 25).

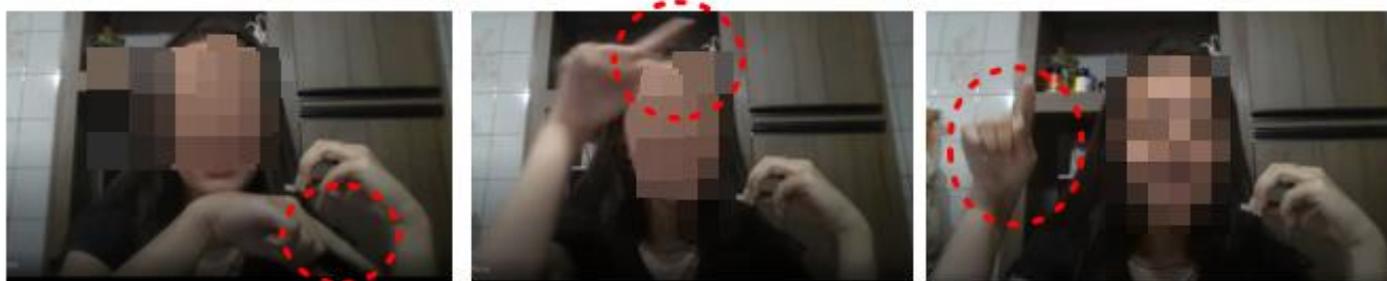
Professora - Se tu tivesses que explicar para tua colega o que é o átomo de Bohr, como tu explicarias? E o que tu estás imaginando na sua mente no momento em que explicas?

A22 - A primeira coisa que me vem à mente são os arames de prata (gesticula).

Professora - Os que vocês usaram em aula?

A22 - Aham. Com os elétrons (gestos), um de cada cor, colorido, e, no meio do núcleo, os prótons e os nêutrons. Aí os elétrons passam, estando na última, por exemplo, aí ele está muito rápido e ele está com bastante energia e quando ele libera energia, ele vai para a primeira órbita, ele vai perdendo energia e vai ficando mais devagar. E aí, também, dá a liberação do fóton, como a gente fez na maquete com a lanterna do A27*.

Figura 25 – Gesto referente as órbitas

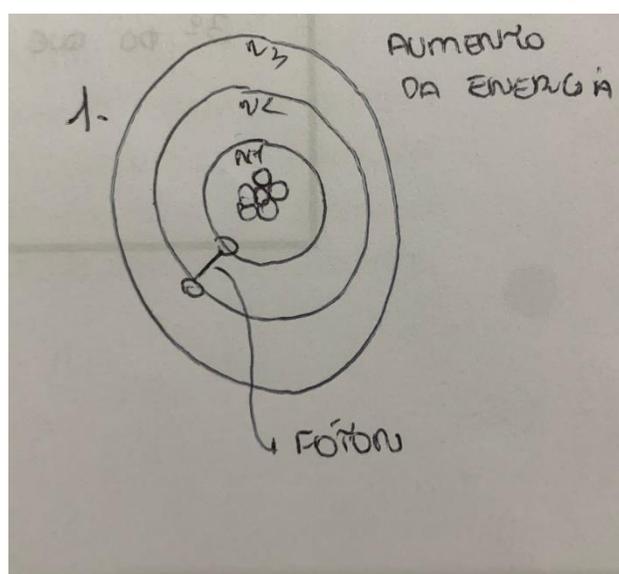


Fonte: A autora (2022).

Conforme a aluna A22 vai descrevendo, pode-se acreditar que, no momento em que ela gesticula e descreve como seria o átomo de Bohr, pensando na maquete, ela utiliza o dedo indicador e faz uma representação de uma órbita, por meio da movimentação feita no ar.

No trabalho de outros alunos, conforme o que eles expressaram no roteiro da simulação computacional, eles, assim como a aluna A22, expressam o modelo do átomo de Bohr por meio de órbitas circulares, o núcleo, e, ainda, expressam a presença do fóton (Figura 26).

Figura 26 – Representação do modelo de Bohr por um grupo de alunos



Fonte: A autora (2022).

A aluna A22 retrata as órbitas e a movimentação dos elétrons; já a aluna A17, remete ao formato de “uma esfera” e o caracteriza como algo que tem eletricidade e luzes.

Professora - Se tu fosse explicar para a tua colega o que é o átomo de Bohr, como é que tu explicarias para ela?

A17- É uma esfera, que tem eletricidade dentro, que tem luzinhas, tem camadas...

Enquanto ela vai descrevendo, gesticula com as duas mãos o movimento rápido de abrir e fechar – gesto que foi realizado pela docente ao mencionar sobre o fóton. Entretanto, a discente A17 utiliza-o, no primeiro momento da entrevista, quando vai descrevendo o que ela pensa ao imaginar sobre o átomo de Bohr. Aqui, conforme a entrevista e o gesto (Figura 27), a aluna descreve na comunicação verbal o que ela pensa sobre o átomo de Bohr, porém, o gesto que ela faz é similar ao gesto do fóton, representando algo rápido e que tem luz.

Figura 27 – Aluna A17 gesticulando ao falar sobre o átomo



Fonte: A autora (2022).

No transcorrer da entrevista com a aluna A17, a professora questiona a origem desse gesto e ela relata o que já se esperava, que era com relação às luzinhas – que seriam os fótons – e que ela remete à eletricidade e luzes. Além disso, descreve o átomo de Bohr como uma esfera central – o núcleo – e bolinhas pequenas – os elétrons – com círculos ao redor.

Professora - Isso, esse gesto que tu fez agora, o que seria?

A17- Seriam as luzinhas piscando e a eletricidade saindo.

Professora - Ótimo. E quando tu falas do átomo de Bohr, o que tu estás imaginando?

A17- Uma esfera.

Professora - E que cor tem essa esfera, que tamanho?

A17- Seriam bolinhas pequeninhas, com círculos ao redor e acho que, no centro, uma cor mais forte e as outras umas cores mais neutras.

Seguindo essa linha de pensamento, a aluna A3 também descreve que ela imagina o átomo de Bohr como uma “*bola redonda e quem dentro um monte de bolas*”. Essa imagem, talvez, se refira ao núcleo e aos prótons. No momento em que ela responde, ela gesticula com o dedo indicador como se fosse a movimentação do elétron saltando de uma órbita para outra (Figura 28).

A3 - *Que é uma bola redonda que tem dentro que tem um monte de bolas... que tem mini bolinhas dentro e **vai passando assim para as camadas e vai aumentando ou diminuindo...***

Figura 28 – Aluna A3 gesticulando sobre o átomo



Fonte: A autora (2022).

Quando gesticula, a professora pergunta da origem do gesto e o que ele representa. A aluna responde que seriam as “bolinhas” do núcleo, e, após, ainda complementa que elas, as bolinhas, vão de uma órbita para outra. E, novamente, ela mostra como seria o núcleo com as “bolinhas” e como elas saltam de uma órbita para a outra (Figura 29).

Professora - *Como é que é esse gesto que tu fizeste? O que que seria isso que tu fizeste?*

A3 – *Ah, tipo tem as **bolinhas, né, no núcleo?** Elas vão **passando de uma camada para outra.***

Figura 29 – Aluna A3 gesticulando ao falar sobre o elétron saltando



Fonte: A autora (2022).

Ao ser questionada sobre como ela pensa, imagina as características das “bolinhas”, ela afirma que lembra do trabalho que eles fizeram em aula, que seria a construção do modelo atômico de Bohr, realizada em grupos, após as aulas teóricas, e que os alunos usaram o celular para pesquisar imagens e decidirem, conjuntamente, como eles gostariam que o modelo de Bohr fosse representado por eles.

Professora – *Aham, daí esse movimento que tu faz é quando elas vão saltando de uma órbita para outra?*

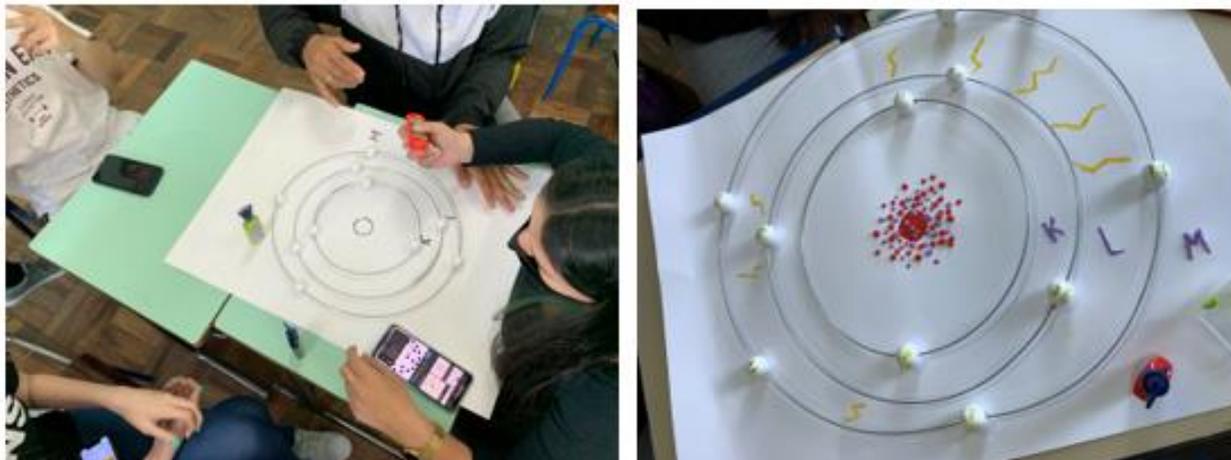
A3 – *Aham.*

Professora - *Tá e tu imagina de que cor essas bolinhas, de que tamanho?*

A3 - *Tipo aquele trabalho que a gente fez...as bolinhas, eu acho que era vermelha... vermelha?*

Como é possível ver na figura abaixo (Figura 30), a mesma aluna que fez a entrevista é a aluna que estava pintando o que seriam os prótons, de vermelho, no núcleo, na maquete deles.

Figura 30 – Trabalho que os alunos fizeram em aula



Fonte: A autora (2022).

No diário de campo (Figura 31), a professora-pesquisadora também registrou sobre como esses trabalhos em grupo foram sendo realizados e suas peculiaridades. Esse grupo foi o que solicitou a permissão de usar o celular – a escola proíbe o celular em horários de aula – para pesquisar imagens e outros vídeos para eles se basearem na elaboração do modelo de Bohr deles.

Este grupo, o mesmo da aluna A3, foi o que escolheu o uso de cartolina, arames e tinta relevo e que definiu os prótons por meio de desenhos de um *emoticon* sorrindo e do elétron com o sorriso triste. Eles, no decorrer da aula e da explicação, explanaram que era porque relacionam o positivo com o sorriso e a alegria e o negativo como algo triste.

Figura 31 – Trecho do diário de campo

O grupo do [redacted] já pediram para usar o celular e pesquisar outras fotos. Eles acabaram optando em representar as cargas elétricas por meio de ☺ e ☹, logo sendo os prótons (+) e elétrons (-). Os grupos tem diferentes de personalidade des, ambos demonstraram int...

Fonte: A autora (2022).

As próximas duas alunas, A1 e A2, são alunas que não estavam nas aulas presenciais, porém, elas participaram da aula remotamente, isto é, via *Google Classroom* e via *Meet*. Então, por mais que não estivessem presencialmente, as alunas assistiram as mesmas aulas – logo, os mesmos gestos – que os demais alunos, no mesmo instante.

Entretanto, vale reiterar que como elas estavam em aulas remotas, elas não realizaram as atividades em grupos. Desta forma, realizaram a construção do átomo de Bohr, a simulação computacional e o jogo de maneira individual, sem a interação social. Como pode-se observar a seguir, os excertos das duas entrevistas, de A1 e A2, não contêm gestos. Em nenhum momento da entrevista, as alunas gesticularam, apenas respondiam como elas imaginavam, como elas compreendiam, e o que estava se passando na mente delas.

A aluna A1, que era muito participativa via *Classroom* e *Meet*, compreendia os conceitos e lembrou-se muito da simulação da representação, em que a simulação computacional trazia como referência o átomo de Bohr, porém, não houve herança semiótica.

Professora - *E como é que tu imaginas o Átomo de Bohr? Quando eu falo em átomo de Bohr, o que está passando na tua mente?*

A1- *O que mais me vem na cabeça é o simulador, né, com círculos...*

Professora - *Lembra bem dos círculos, no caso?*

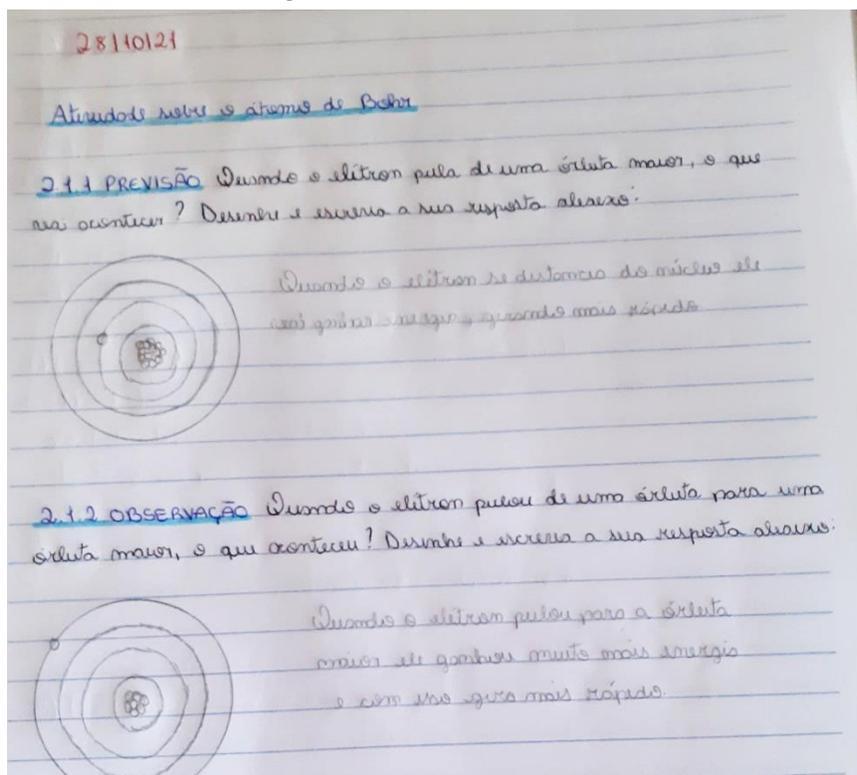
A1 – *Isso.*

Professora - *E quando o elétron salta de uma camada para outra, né, de uma órbita para outra, o que que tu visualizas?*

A1- *Que ele ganha ou perde energia, né? Dependendo para qual ele pular...*

Mesmo sendo uma aluna das aulas remotas, a aluna A1 participou de todas as aulas via *meet* e postava as devidas atividades no *Classroom*. Como é possível ver abaixo (Figura 32), ela copiou todo o roteiro da simulação computacional, realizando as devidas ilustrações e respondendo aos questionamentos.

Figura 32 – Caderno da aluna A1



Fonte: A autora (2022).

A aluna A2 também mencionou a simulação computacional e não gesticulou em nenhum momento da entrevista. Porém, percebeu-se que ambas as alunas compreenderam bem a questão de o elétron saltar de uma órbita para outra e como isso mudaria sua velocidade, sendo isso um reflexo que a simulação computacional proporcionou.

Professora – A2, se tu fosses explicar para a A1 o que que é o Átomo de Bohr, como é que tu explicarias?

A2 - Bom, eu lembro da simulação, né? Aí eu explicaria que são várias camadas, são círculos. E, no meio, tem uma bolinha que é o elétron, que vai pulando para uma, para outra e vai diminuindo a velocidade, aumentando conforme ela muda de camada.

Professora - E tem cor esse elétron? Qual o formato dele?

A2 –É formato circular...

Professora – Aham.

A2 – As cores eu não ... acredito que seja amarelo, azul...

O aluno A29, desde a primeira pergunta da entrevista, já realizou um gesto no mesmo instante em que explicava, ao mencionar o núcleo e os prótons, tal como dos elétrons circularem nas órbitas, sendo que ele até destaca a diferença de tamanho entre o núcleo e os elétrons (Figura 33).

Professora – A29, se tu tivesses que explicar para um colega o que é o átomo de Bohr, como é que tu explicarias?

A29 – É um núcleo, que tem prótons e nêutrons envolta desse núcleo, onde giram os elétrons.

Professora – Tá, e como é que seria esse núcleo?

A29 – Seria um núcleo maior que os elétrons. Tipo, os elétrons seriam, mais ou menos, desse tamanho (gesto) e o núcleo assim (gesto).

Figura 33 – Aluno A29 gesticulando ao falar do átomo



Fonte: A autora (2022).

Ele vai explicando que o núcleo – gesto com as mãos próximas uma da outra – e o elétron saltam de uma órbita para a outra – sequência da foto (Figura 33). Posteriormente, ele relata que os elétrons são desse tamanho (gesto) e que o núcleo é um pouco maior (Figura 34).

Professora – Seria os elétrons desse tamanho (gesto) e o núcleo desse tamanho (gesto)?

A29 – Maior, isso.

Figura 34 – Aluno A29 mostrando como imagina o núcleo e o elétron



Fonte: A autora (2022).

Ao ser questionado sobre as características do núcleo, prótons e elétrons, ele afirma que o que ele está imaginando é oriundo das aulas que tiveram sobre o átomo de Bohr e, ao verificar os *slides*, percebe que se assemelham com um dos *gifs* expostos em aula (Figura 35).

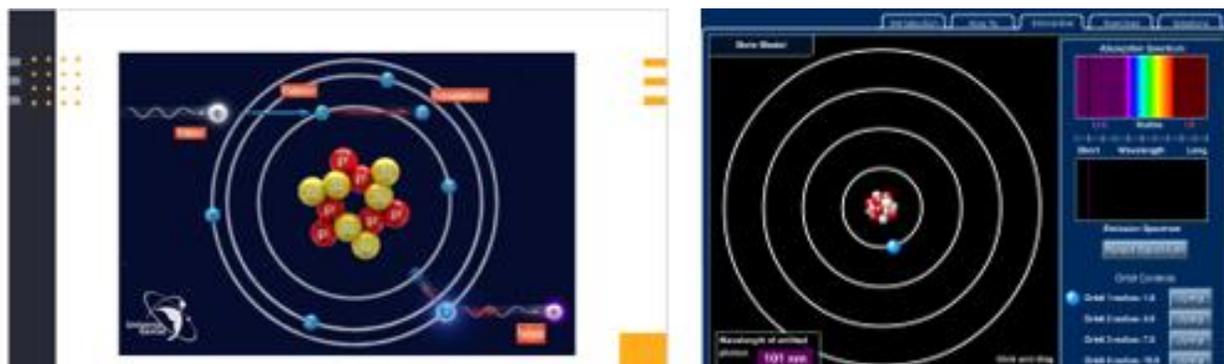
Professora – E como é que tu imaginas o núcleo, ele tem cor, tem qual tamanho?

A29 – Eu acho que maior, assim (gesto), e duas cores, que nem aparece nos desenhos do átomo.

Professora – E esses desenhos, tu lembra de onde? Da Internet?

A29 – Que tu passaste na aula, sora. Que seriam os prótons amarelo e os nêutrons vermelho.

Figura 35 – Imagem dos *slides* e da tela da simulação computacional



Fonte: A autora (2022).

Porém, ao ser questionado sobre qual dos recursos ele usaria para explicar ao colega, ele afirma que usaria a simulação computacional. Ele afirma que escolheu essa pois foi o que ele mais acabou gostando.

Professora – *Então, tu lembra dos slides que a gente viu ou da simulação?*

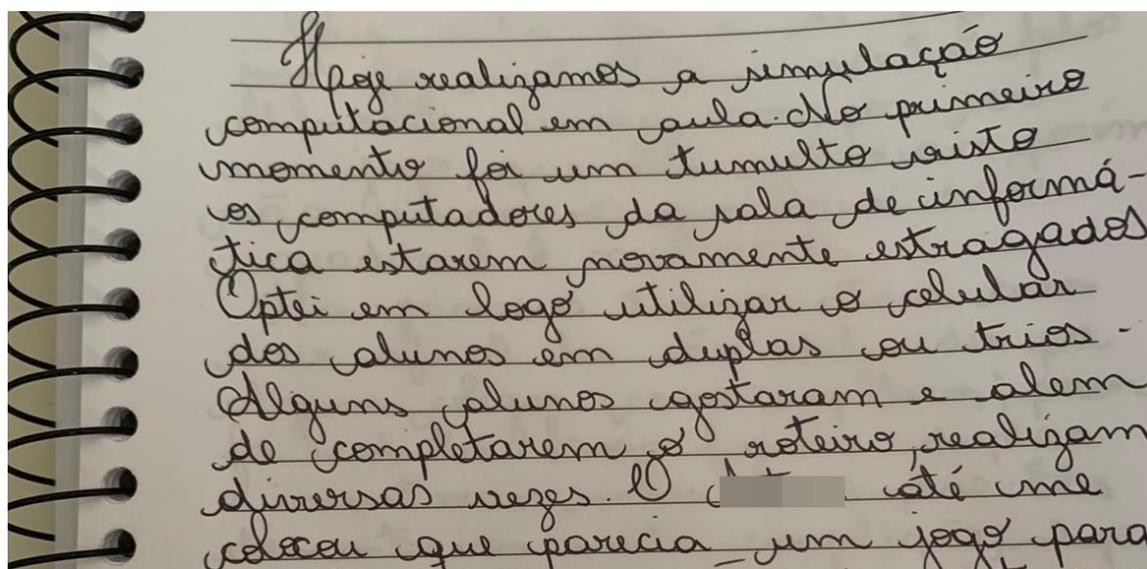
A29 – *Sim, eu lembro dos slides.*

Professora – *E de todos os recursos que a gente utilizou, qual desses tu usarias para explicar para o colega o que é o átomo de Bohr?*

A29 – *Eu acho que o que a gente fez no computador, que era aquela simulação, e os slides. Mas, mais o que a gente fez no computador.*

Conforme o aluno A29 relata, a simulação computacional também foi bem recebida pelos alunos. Alguns alunos, conforme o diário de campo (Figura 36), tiveram um maior contato com a simulação computacional, tanto que até realizaram mais atividades com a simulação computacional, além do solicitado pelo roteiro.

Figura 36 – Trecho do diário de campo da professora-pesquisadora



Fonte: A autora (2022).

Já a aluna A28 fica um pouco receosa ao falar, porém, explana que existem elétrons, um núcleo, e que os elétrons ficam orbitando.

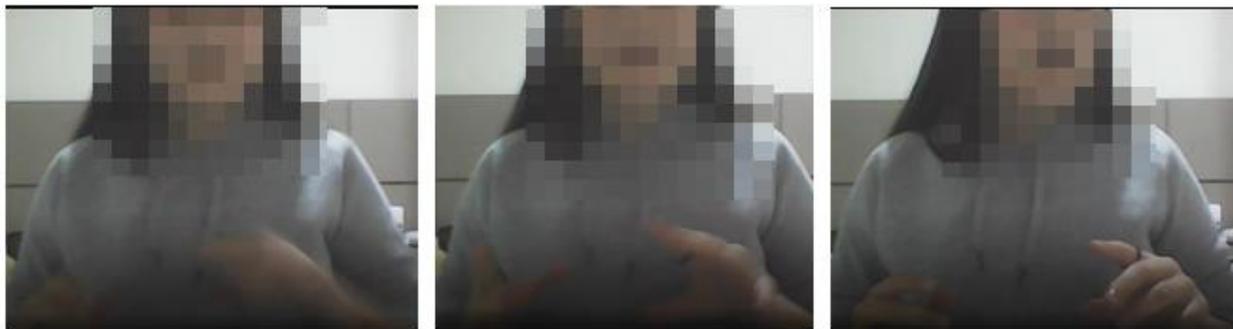
Professora – Se tu tivesses que explicar para as meninas o que é o átomo de Bohr, como é que tu explicarias?

A28 – Ahn... como eu vou explicar.... São vários elétrons que...em várias camadas, e eles estão girando em volta de um núcleo, orbitando.

Professora – Isso, perfeito.

Ao gesticular, a aluna A28 apenas faz movimentos circulares e rápidos com as mãos. Primeiramente, aproxima as mãos e, após, faz movimentos circulares (Figura 37).

Figura 37 – Aluna A28 gesticulando ao falar do elétron circulando



Fonte: A autora (2022).

A aluna A25 compreendia sobre o centro ser o núcleo e que os elétrons ficavam orbitando ao redor. No momento em que ela fala sobre o núcleo, ela aproxima bem as mãos e realiza o gesto semelhante ao que a professora fez em aula (Figura 38). Posteriormente, a aluna ainda explica que eles ficam girando ao redor das órbitas, conforme expõe a próxima figura (Figura 39).

Professora – *Se tu tivesses que explicar para as meninas o que é o átomo de Bohr, como é que tu explicarias para elas?*

A25 – *Seriam umas moléculas, com um núcleo, e várias camadas com os elétrons em volta.*

Professora – *Aham.*

A25 – *E que ficam orbitando em volta do núcleo e o núcleo é feito de prótons e nêutrons.*

Professora – *Isso.*

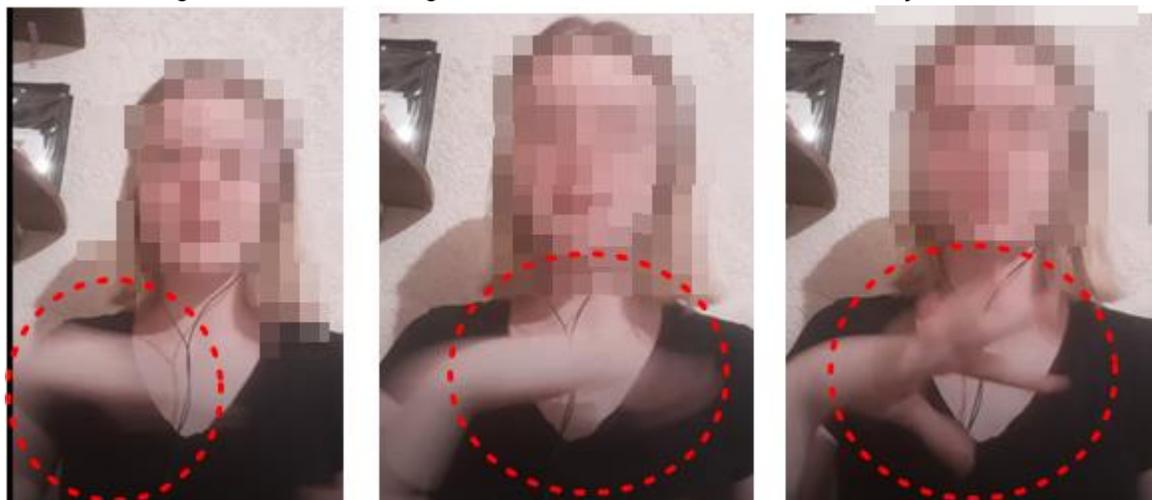
A25 – *E eles ficam girando assim, em órbita.*

Figura 38 – Aluna A25 gesticulando ao falar sobre o núcleo e a professora em aula



Fonte: A autora (2022).

Figura 39 – Aluna A25 gesticulando ao falar sobre a movimentação do átomo.



Fonte: A autora (2022).

A professora-pesquisadora lembrou que, em aula, ela falava que lembrava muito das coisas da aula e pesquisa no aplicativo *TikTok*. Logo, questionou a aluna se ela lembrava de algo dos vídeos desse aplicativo sobre o átomo de Bohr.

Professora – E quando tu lembras disso, vem alguma coisa assim, específica da aula, ou até daquele, do TikTok, que tu me falou na aula?

A25 – Ah, eu lembro do átomo pelas maquetes, pela maquete que a gente fez e, também, pelo TikTok, que eu vi vários vídeos sobre isso.

Professora – E tu lembra de algum vídeo específico que tu viu no TikTok¹⁰?

A25 – Eu lembro de um vídeo que eles explicaram tipo a história, de como foi feito as pesquisas e tal, para descobrir e formar os desenhos e tal lá do átomo.

A aluna A24, ao ser entrevistada, descrevia que imaginava os elétrons sendo distribuídos em diversas órbitas ao redor do núcleo. Quando ela falou, ela gesticulou com as duas mãos representando as distâncias entre as órbitas (Figura 40).

Professora – A24, se tu tivesses que explicar para as tuas colegas o que é o átomo de Bohr, como é que tu explicarias para elas? Como que tu imaginas? O que vem na tua mente?

A24 – Eu imagino que são vários elétrons que estão distribuídos em várias órbitas ao redor de um núcleo. E acho que não tenha cor, eu acho que é impossível de enxergar do tipo, que eles são bolinhas, que a gente viu na maquete. É, é isso que é... que nem as bolinhas.

Figura 40 – Aluna A24 gesticulando sobre as órbitas

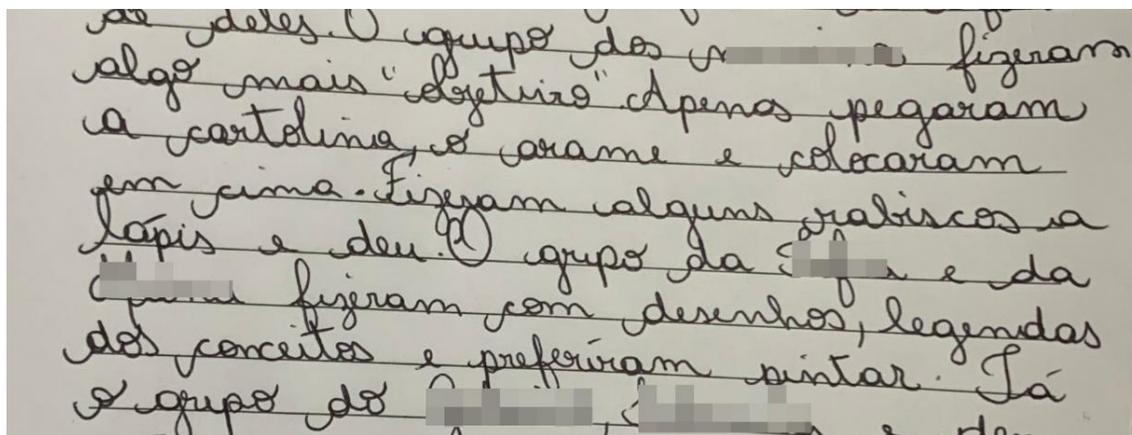


Fonte: A autora (2022).

¹⁰ Aplicativo de mídia para criar e compartilhar vídeos curtos na Internet.

Conforme o diário de campo da professora-pesquisadora (Figura 41), a simulação computacional foi algo que movimentou os alunos no sentido de debaterem, refletirem e buscarem juntos a maneira como eles representariam o modelo atômico do átomo de Bohr.

Figura 41 – Trecho do diário de campo da professora-pesquisadora



Fonte: A autora (2022).

Este primeiro episódio trouxe excertos das entrevistas, com o auxílio de imagens referentes ao diário de campo e de trabalhos que os alunos realizaram em aula. Nesse episódio, percebe-se que os alunos das aulas remotas não realizaram gestos ao explicar sua explicação, porém, realizaram todas as atividades via *Classroom* e sabiam como direcionar suas respostas, bem como descrever o que imaginavam e, principalmente, a origem de suas imagens mentais, a simulação computacional.

A simulação computacional foi mencionada pela maioria dos alunos nesse primeiro episódio, tanto ela como os *slides* utilizados em aula. Contudo, alguns gestos foram utilizados pelas alunas para expressarem o que estavam falando, sendo que surgiam no instante em que estavam falando, sem a intervenção da entrevistadora.

Assim, conforme exposto nesse primeiro episódio, é possível observar que os alunos, ao iniciarem suas respostas sobre o que seria o átomo de Bohr, o direcionam em dois conceitos distintos, o elétron e o fóton, sendo assim, são esses os dois próximos episódios selecionados para a análise de dados.

5.1.2 Episódio II – Elétron

Os elétrons estão, diariamente, em nossa vida. Por mais que não possamos enxergar ou tocar, eles fazem parte de nosso cotidiano. Uma corrente elétrica que leva luz para nossa casa em um fio é um fluxo ordenado de elétrons; já cada átomo de nosso universo consiste em um núcleo que é rodeado por elétrons. Logo, por mais que seja um conceito abstrato, ele se faz presente em nossa vida.

O elétron foi descoberto em 1897, durante uma pesquisa de Thomson, que também produziu o primeiro espectrômetro de massa. O conceito de elétron, desenvolvido nessa pesquisa, reflete o modelo de Rutherford-Bohr, em que os elétrons se situam em órbitas ao redor do núcleo e, ao saltarem para uma mais próxima do núcleo, menos energética, emitem energia na forma de fóton – conceito este que também será um episódio (SILVA; SANTOS; DIAS, 2011).

Sendo assim, desenvolver com os alunos o conceito de elétron propiciou a eles compreender um termo conhecido, entretanto, de difícil compreensão por ser abstrato. A pesquisa auxiliou os alunos a enxergarem esse conceito em sua rotina, seja na eletricidade ou em outros temas presentes, portanto, o elétron se tornou um conceito presente, relevante e essencial na vida deles.

Os gestos da docente sobre os principais conceitos – elétron, núcleo, prótons e fótons –, foram realizados em todas as turmas que participaram da pesquisa, porém, os gestos eram diferentes em algumas turmas (ver Figura 22 e Figura 23). Ao longo da análise, será possível perceber a semelhança, ou não, dos gestos da docente com seus alunos.

Inicialmente, analisou-se os gestos da aluna A4, que ao ser questionada sobre a maneira que ela explicaria para as colegas sobre o átomo de Bohr, falou que usaria a maquete que construíram e, ao mesmo tempo que fala, ela gesticula sobre a movimentação do elétron de uma órbita a outra (Figura 42).

O gesto que a aluna está realizando ao falar, conforme a categorização dos gestos de McNeill (2000), seria um gesto metafórico, no qual ela está buscando representar, junto com o recurso semiótico da fala, a ideia abstrata do salto do elétron de uma órbita para a outra.

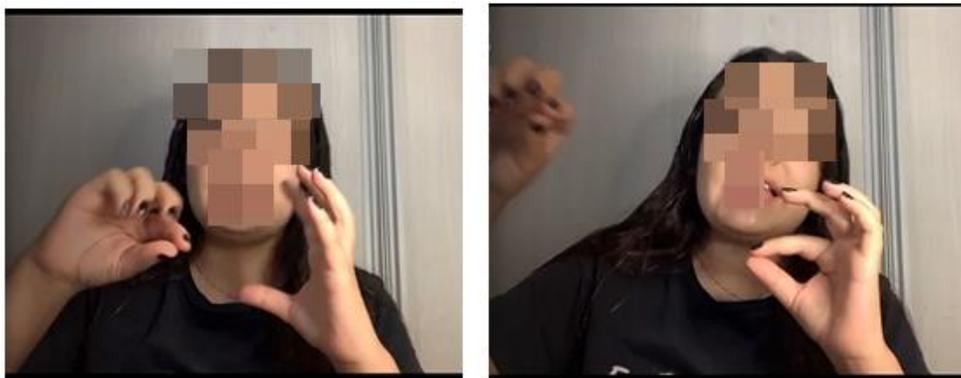
Professora – *Humm, que ótimo. E assim, o que tu usarias para explicar para as meninas, por exemplo? Tu usarias a maquete que a gente fez em aula? Ou a simulação? O que tu usarias, assim?*

A4 – *Eu acho que a maquete fica mais fácil porque já tem ali, bem grande explicado, então, é só passar as bolinhas de uma camada para a outra.*

Professora – *Aham, e quando tu estás fazendo este gesto, o que seria?*

A4 – *A bolinha, o elétron.*

Figura 42 – Aluna A4 realizando o gesto do elétron



Fonte: A autora (2022).

Após esse momento da entrevista, a professora questionou o que seria este gesto. Ela fala que seria a “a bolinha, o elétron”. Posteriormente, questionada sobre o tamanho, a aluna fala que seria muito pequeno e, no mesmo instante que fala, realiza o gesto, semelhante com o da docente.

Professora – *Perfeito. E o elétron tu imaginas desse tamanho?*

A4 – *Não, eu o imagino MUITO pequeno.*

Professora – *Menor ainda?*

A4 – *É, não tem como enxergar.*

Na próxima figura, é possível verificar que o gesto que a aluna faz é semelhante com o da docente ao explicar sobre os elétrons saltando de uma órbita para outra (Figura

43). A aluna realiza um gesto metafórico para representar o elétron, tal como a docente fez em sala de aula.

Figura 43 – Gestos da aluna e da docente



Fonte: A autora (2022).

Com relação ao elétron, outro aluno, em seu roteiro da simulação, realiza a ilustração de um elétron pequeno em seu modelo de Bohr. Porém, já na última aula, da simulação computacional, ele consegue já associar a mudança de velocidade que ocorre com o elétron ao saltar de uma órbita para a outra (Figura 44).

Figura 44 – Roteiro da simulação computacional de um aluno

2.1 PRIMEIRA ATIVIDADE

2.1.1 PREVISÃO: Quando o elétron pula DE UMA ÓRBITA PARA UMA ÓRBITA MAIOR, o que vai acontecer?

Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:

a eletron muda de lugar
e muda sua velocidade



2.1.2 OBSERVAÇÃO:

- Abra a simulação do átomo de Bohr através do link: https://maheshkurmi.github.io/flash/bohr_model.html
- Queremos saber o que acontece quando um elétron passa de uma camada menor para de uma maior, dessa forma, por meio das opções do **Orbit Controls**, selecione uma órbita maior e click em **Jump**
- Registre o que você observou;

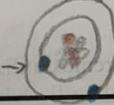
Fonte: A autora (2022).

Outros alunos descrevem, no seu roteiro da simulação computacional, que no instante em que o elétron pula de uma órbita para a outra, ele começa a “girar” mais rápido e acaba liberando energia. Após o uso da simulação computacional, os alunos afirmam que vai além de alterar a velocidade, mas que também geram uma “luz” pela energia liberada (Figura 45).

Figura 45 – Trecho da simulação computacional

Quando o elétron pulou de uma órbita para uma órbita maior, o que aconteceu? Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:

O elétron pulou uma camada e começou a girar mais rápido e liberou energia.



2.1.3 EXPLICAR: Compare a sua resposta da parte 2.1.1 com o que foi observado ao realizar a simulação, parte 2.1.2, e diga se houve alguma diferença. Se houve, qual foi a diferença? Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:

Descobrimos que ele não só mudou a velocidade mas também gerou uma luz pela energia liberada.



Fonte: a autora (2022).

Já o aluno A5, durante sua entrevista, ao ser questionado sobre a maneira que ele explicaria o que é o átomo de Bohr para uma colega, por exemplo, descreve como se fosse um sistema planetário, destacando, no final de sua fala, que os elétrons estão em cada “camada”, com suas devidas “energias”. Ao explicar isso, com detalhes, ele gesticula com os dedos indicador e médio como se estivesse mesmo segurando o elétron e saltando de uma órbita para a outra, entretanto, ele utiliza as duas mãos para fazer essa gesticulação (Figura 46).

A5 - Explicaria que ele funciona...o formato dele é como se fosse um sistema planetário, assim... não tem o centro... e as camadas em volta, com os elétrons, e que cada camada tem a sua energia.

Figura 46 – Aluno A5 realizando o gesto do elétron



Fonte: A autora (2022).

O gesto que o aluno A5 realiza é similar com o que a docente utilizou ao explicar no quadro branco a movimentação dos elétrons, em que utiliza como meio semiótico o quadro branco e, também, o gesto (Figura 47).

Entretanto, a docente realizou um gesto icônico (McNeill, 2000) para explicar aos alunos, por meio da ilustração no quadro branco, sobre o instante em que o elétron salta de uma órbita para outra. A iconicidade está na dimensão do elétron que é representada por meio da mão (GIORDAN; SILVA-NETO; AIZAWA, 2015).

Figura 47 – Gestos da docente sobre a movimentação do elétron



Fonte: A autora (2022).

Outro aluno que também utilizou gestos para explicar o átomo de Bohr como se fosse um sistema planetário foi o aluno A10. Este aluno ainda relacionou o sol como se fosse o núcleo e os elétrons como se fossem os planetas (Figura 48).

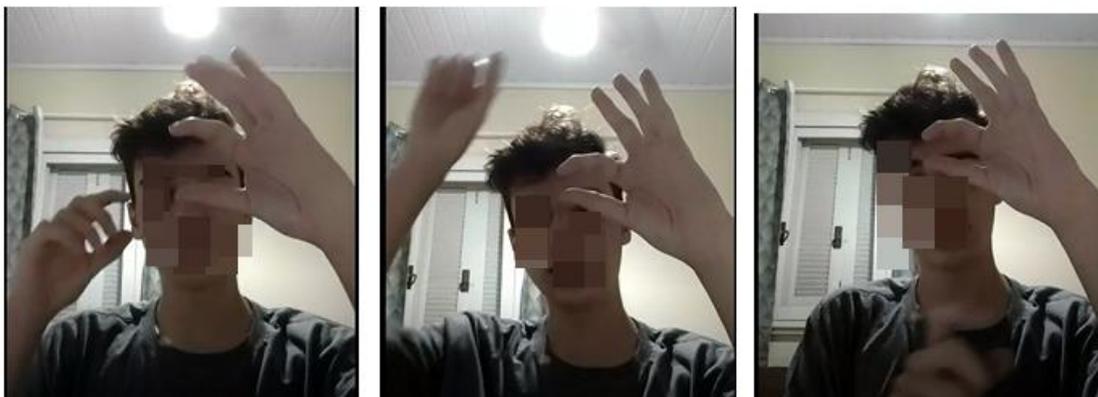
Professora – A10, então, tu ficas bem tranquilo, como se você tivesse que explicar para o seu colega. Que que é um Átomo de Bohr? Como é que você explica para ele?

A10 - Ah, sora, eu uso como base o sistema planetário, sabe?! Como se um núcleo fosse o sol e os elétrons ao redor fossem os planetas, sabe?!

Professora - Isso, ótimo.

A10 - Um sistema circular. Tipo, o sol e aqui os planetas, sabe, no caso os elétrons.

Figura 48 – Aluno A10 realizando o gesto sobre o elétron



Fonte: A autora (2022).

A movimentação do gesto que o aluno A10 realiza se assemelha com o que a docente realizou ao explicar sobre o elétron saltando de uma órbita para outra, sendo até a mesma orientação – sentido anti-horário – realizada (Figura 49). Ambos realizaram um gesto, conforme McNeill (2000), gesto metafórico, que consiste em “desenhar no espaço” o elétron realizando o salto de uma órbita para a outra.

Figura 49 – Gesto da docente sobre o elétron



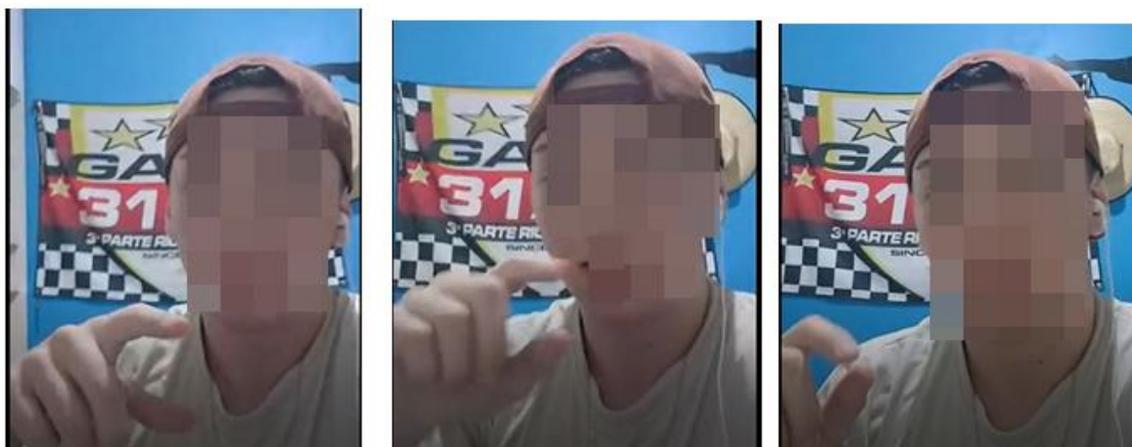
Fonte: A autora (2022).

Já o estudante A12 não relaciona o átomo de Bohr como se fosse um sistema planetário, mas lembra, detalhadamente, por meio de suas imagens mentais da maquete. Ele lembra que o átomo de Bohr pode ser explicado mediante o uso da maquete e que lá contém os elétrons e os fótons e, ainda, menciona os *slides*, que poderiam ser uma forma diferente de explicar ao seu colega (Figura 50).

Professora – A12, se tu fosses explicar para o teu colega, que que é o Átomo de Bohr, como é que explicarias para ele?

A12 - Explicaria que nem na maquete...tava todos os círculos, com os elétrons e os fótons, tudo do mesmo jeito da maquete ou por slides, uma maneira legal.

Figura 50 – Gesto do elétron do aluno A12



Fonte: A autora (2022).

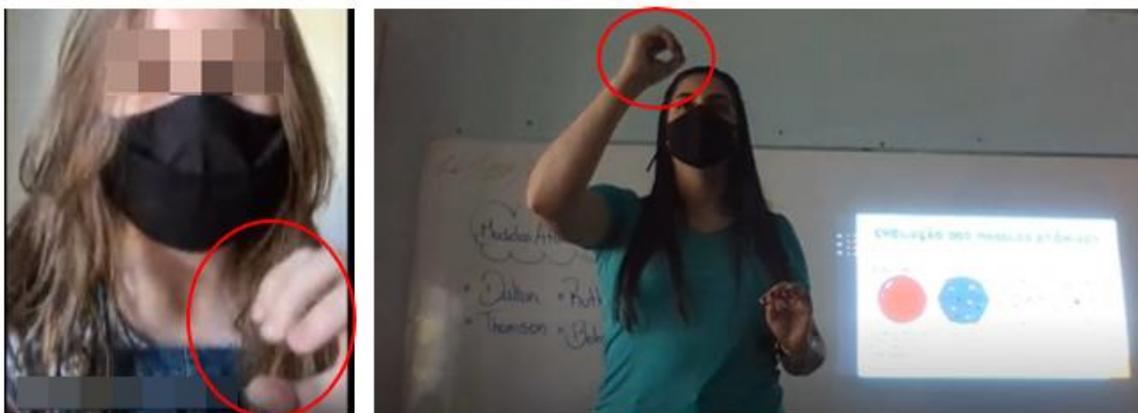
Conforme mencionado anteriormente, o gesto da docente era diferente em algumas turmas, logo, a aluna A18, ao explicar sobre o elétron e gesticular naturalmente, realiza um gesto diferente dos demais alunos mencionados até o momento. Quando verificado, percebeu-se que esse aluno era de outra turma.

Sendo assim, era de uma turma em que a docente realizou o gesto do elétron como se fosse uma “bolinha” e não mais como se estivesse “pegando” o elétron (Figura 51). A partir disso, tanto o aluno A12 quanto a aluna A18, realizaram gestos metafóricos ao mencionarem o elétron, pois os gestos metafóricos consistem na movimentação ao se referirem a uma ideia abstrata.

Professora – A18, se tu fosse explicar para a tua colega o que é o átomo de Bohr, como que você explicaria?

A18 - Eu explicaria primeiro que é uma bolinha, daí tem vários raiozinhos em volta, invisíveis, é claro, que significam as camadas eletrônicas e o átomo mesmo é uma esfera.

Figura 51 – Gesto do elétron da aluna e da docente



Fonte: A autora (2022).

A aluna A16, em sua entrevista, preferiu utilizar o átomo de Bohr que eles construíram em sala de aula (de massinha de modelar) para explicar melhor sobre o tema. Ela acaba apontando para cada um dos termos mencionados, como, por exemplo, a órbita (Figura 52).

A16 – O átomo de Bohr tem os níveis de energia e é assim, tem os prótons, os elétrons nas camadas eletrônicas, os nêutrons também e tem a quantização de energia.

Professora – E o que tu usarias para explicar para tua colega o átomo de Bohr?

A16 – O que a gente fez em aula, a maquete.

Figura 52 – Aluna A16 explicando sobre o átomo de Bohr



Fonte: A autora (2022).

A aluna A16, diferentemente dos demais alunos mencionados até o momento, acaba utilizando um gesto dêitico (McNeill, 2000), que serve para indicar algum objeto concreto, nesse caso, indicar as órbitas e os elétrons da maquete feita em aula. Após utilizar a maquete construída por ela e seus colegas, ela realiza um gesto, no exato momento em que ela fala sobre os elétrons, porém, o gesto apenas utilizava o dedo indicador apontando como seria a movimentação do elétron entre as órbitas (Figura 53).

Professora - *E quando tu me explicaste da quantização de energia, o que tu imaginas quando tu falas essas palavras, o que está passando na tua mente?*

A16 – *Ah, energia do átomo, dos elétrons negativo, do próton positivo, que vão de uma camada para outra.*

Figura 53 – Aluna realizando o gesto do elétron



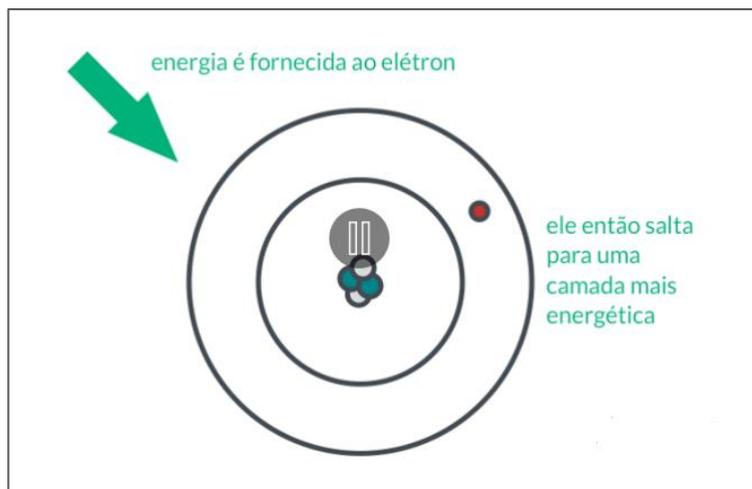
Fonte: A autora (2022).

Professora - E esses elétrons, tem cor, tem tamanho?

A16 - É, eu imagino o elétron negativo, talvez vermelho e o próton positivo, talvez azul.

Uma possibilidade é que a aluna A16 tenha lembrado do *gif* que foi utilizado nos *slides*, no qual o elétron é vermelho e o próton representado em uma tonalidade de azul (Figura 54).

Figura 54 – Gif sobre o átomo de Bohr



Fonte: A autora (2020).

Outro grupo de alunos, ao responder a simulação computacional, com relação ao elétron, afirmam que não há diferença entre o salto de um elétron para outro, além da perda de “eletricidade” que acontecerá, sendo que estes alunos ainda fazem em duas partes a ilustração (figura 55). Primeiramente, quando ele salta e “absorve” um fóton e, posteriormente, “absorve” mais fótons.

Estes alunos, ao mencionarem a questão sobre o que aconteceria sobre o elétron saltando de uma órbita para outra na simulação, utilizam a expressão “absorver” os “fótons” no momento em que ocorre os saltos. Assim como outros alunos também, que, a partir do uso da simulação computacional, perceberam, principalmente, a diferença do aumento da velocidade, conforme alterava o nível da órbita (figura 56).

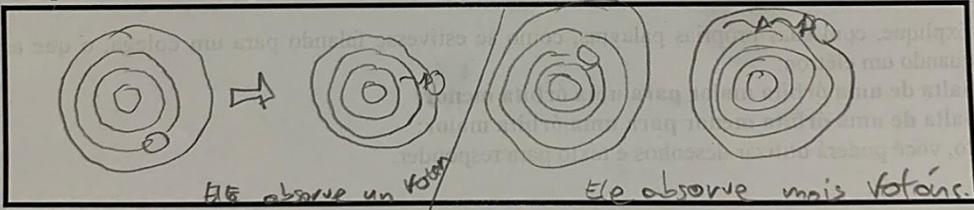
Figura 55 – Trecho do roteiro da simulação computacional

2.2.3 EXPLICAR: Compare a sua resposta da parte 2.2.1 com o que foi observado ao realizar a simulação, parte 2.2.2, e diga se houve alguma diferença. Se houve, qual foi a diferença? Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:

Não houve diferença, além do ponto de velocidade.

2.3 TERCEIRA ATIVIDADE

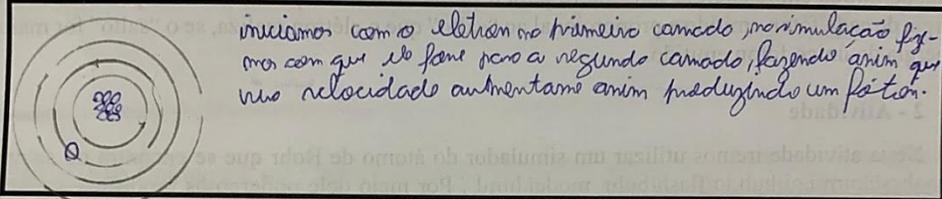
2.3.1 PREVISÃO: Quando o elétron pular da SEGUNDA ÓRBITA PARA A TERCEIRA ÓRBITA, o que irá acontecer? E quando pular da segunda para a quarta órbita? Pensando nas cores dos fótons absorvidos ou emitidos, que cor você acha que será em cada situação? Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:



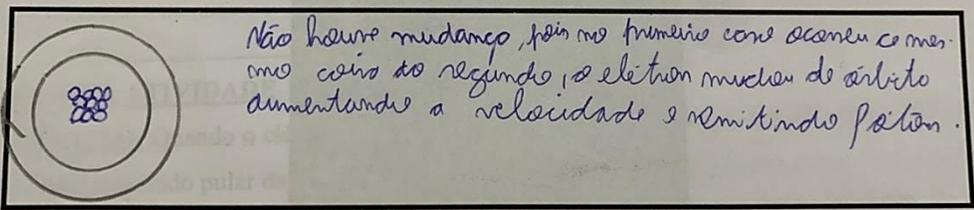
Fonte: a autora (2022).

Figura 56 - Trecho do roteiro da simulação computacional

Quando o elétron pulou de uma órbita para uma órbita maior, o que aconteceu? Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:



2.1.3 EXPLICAR: Compare a sua resposta da parte 2.1.1 com o que foi observado ao realizar a simulação, parte 2.1.2, e diga se houve alguma diferença. Se houve, qual foi a diferença? Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:



Fonte: A autora (2022).

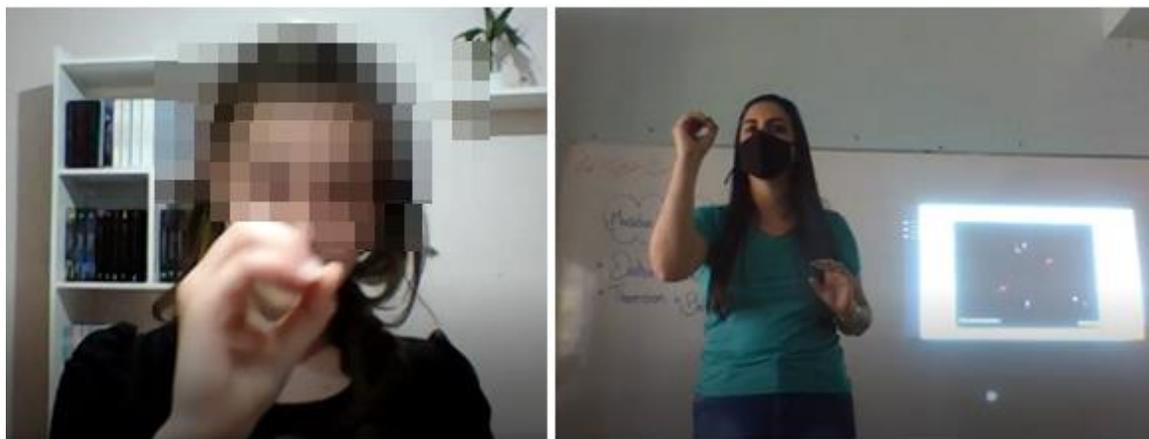
Ao ser entrevistada, a aluna A20, da turma B, forneceu respostas interessantes e de grande valia, nas quais trouxe contribuições não apenas da sala de aula, mas, também, de aspectos externos, como, por exemplo, de *emoticons* de um aplicativo de mensagem e de desenhos animados. Na primeira pergunta, sobre de que maneira ela explicaria o que é o átomo de Bohr para um colega, obteve-se a seguinte resposta:

Professora – A20, quando tu escutas falar no átomo de Bohr, ou melhor, quando tu queres explicar para uma colega o que é o átomo de Bohr, como tu explicas para ela?

A20 – Tá, eu explicaria...tu estás falando da forma física, né? Eu explicaria que ele é parecido com os elétrons e que são divididos em camadas. A gente tem o núcleo e em volta deste núcleo a gente tem as camadas, as órbitas.

No momento em que a aluna A20 fala sobre o elétron, ela, no mesmo instante, realiza o mesmo gesto que a docente realizou nas aulas sobre o átomo de Bohr, ambos os gestos são metafóricos (McNeill, 2000) (Figura 57).

Figura 57- Gesto do elétron da discente e docente



Fonte: A autora (2022).

E, posteriormente, na entrevista, a aluna continua descrevendo como ela imagina o átomo de Bohr. Ela ainda descreve as cores do núcleo, dos elétrons, dos prótons e das órbitas.

A20 – *Eu imagino cores específicas, o núcleo azul, e tipo uns ferros no meio, da cor prata, para ser as camadas, e o elétron, eu imagino colorido, variando as cores que nem aquela coisa que a gente fez na escola. Os mais próximos, as cores mais quentes, e os mais distantes, as cores mais frias. Ou invertido, algo desse tipo.*

E, no momento em que ela descreve a movimentação dos elétrons nas órbitas (figura 58), ela realiza, com o braço direito, movimentos circulares – representando os elétrons nas órbitas – e a mão exatamente como a docente realizou nas aulas (figura 59).

Figura 58 – Gesto do elétron se movimentando na órbita pela discente



Fonte: A autora (2022).

Figura 59 – Gesto do elétron se movimentando na órbita pela docente



Fonte: A autora (2022).

Sobre as cores que a aluna mencionou, ela descreve que veio da elaboração do átomo de Bohr que fizeram em sala de aula.

Professora – *E essa cor prata, vem de onde?*

A20 – *Veio da escola, da maquete que usamos os arames para fazer e, porque a maioria dos exemplos da internet são como se fossem transparentes, tipo a órbita do planeta, mas...tipo por causa da energia, sabe?*

Abaixo (figura 60), é possível observar a construção do átomo de Bohr por essa aluna e seu grupo no labor conjunto. Eles utilizaram arames para fazer as órbitas e diversas cores para elétrons, prótons e nêutrons. Já para representar o fóton sendo emitido, eles utilizaram a luz de uma lanterna de celular.

Figura 60 – Alunos elaborando a maquete do Átomo de Bohr



Fonte: A autora (2022).

Neste segundo episódio, observou-se recursos utilizados pelos alunos, que são o objetivo desta pesquisa, os gestos. Ao responderem às perguntas sobre o átomo de Bohr e de que maneira eles explicariam para um colega, a maioria dos alunos que foi entrevistada e trazida para essa análise gestual, tendo em vista compreender a herança semiótica dos gestos docentes e discentes, realizou gestos no instante em que explicou algo para a professora.

Esse meio semiótico, o gesto, foi utilizado muitas vezes no momento em que o aluno não sabia utilizar palavras para expressar o que estava se passando na mente

dele, isto é, o que ele estava pensando naquele momento da entrevista. Conforme Vygostky (1999), o processo de internalização é fundamentado em atividades semióticas, como ferramentas e signos, que acabam produzindo novas ferramentas psicológicas, nas quais ocorrem o processo de ensino-aprendizagem.

Conforme Sabena (2008), os gestos podem ser considerados signos que conseguem ser dotados de estruturas de significados subjacentes, sendo vinculados ao contexto no qual estão inseridos. Diante dos excertos das entrevistas e da comparação dos gestos dos discentes com os da docente, percebeu-se a semelhança entre os gestos do elétron no instante em que eles vão explicar sobre o átomo de Bohr, tal como os aspectos advindos da sala de aula, conforme mencionado pelos alunos.

Os alunos mencionados nesse segundo episódio trouxeram um conjunto de recursos semióticos, sendo assim, considerou-se um pacote semiótico (Arzarello, 2006). A aluna A20, por exemplo, além de usar os gestos, de maneira espontânea, quando ia explicar sobre o assunto, também remeteu a coisas que foram realizadas no labor conjunto, como o uso da lanterna na elaboração do átomo de Bohr.

A aluna A16 utilizou como recurso semiótico os gestos e, também, a imagem de um *gif* utilizado na sala de aula, tal como a aluna A18, que, juntamente com os gestos, relatou que uma das imagens que ela tinha na mente ao responder à questão era advinda dos *slides* da aula teórica. A aluna A10 ainda faz uma relação do átomo de Bohr com o sistema planetário, além de utilizar gestos semelhantes com os da professora.

Por fim, A5 e A4 fizeram, em seu pacote semiótico, uso dos gestos da docente. Entretanto, o primeiro utiliza o gesto que a docente fez para explicar o conteúdo e o outro aluno utiliza o gesto semelhante com o que a docente utilizou com o auxílio de outro recurso semiótico, o quadro branco.

Podemos identificar relações entre os alunos analisados até o momento, entre o modo semiótico verbal e o gestual na análise do episódio selecionado, no qual os alunos acabaram utilizando os gestos para manifestar suas respostas (RADFORD, 2020). Conforme Radford (2016), o conhecimento surge, muitas vezes, sensivelmente, na sala de aula, mediante ações, percepções, símbolos, artefatos, linguagens e gestos, que, nesta pesquisa, foram evidenciados no decorrer das entrevistas.

No decorrer da análise e, em especial, da maneira como os alunos respondiam as questões, com clareza e firmeza em suas falas e gestos, acredita-se haver indícios da materialização desse saber em conhecimento. Por meio desse episódio, observou-se o quão importante e necessário é articular a comunicação verbal com a não verbal – os gestos – no ensino de Ciências e Matemática, pois todos os alunos participantes acabaram utilizando gestos para demonstrar algum movimento – do elétron, nesse caso –, ou para complementar sua resposta. Além disso, também se verificou a importância do trabalho conjunto para a realização de atividades que atualizem o ser e o saber.

5.1.3 Episódio III - Fóton

O que é o fóton? Um questionamento que há anos vem fazendo os cientistas pensarem, refletirem e pesquisarem sobre a natureza do fóton – onda ou partícula – e sobre o conceito de fóton. E se esse conceito já deixa inquieto pesquisadores da área, quiçá, alunos no Ensino Médio que estão ouvindo, pela primeira vez, esse termo na sala de aula.

As primeiras discussões sobre o conceito de fóton surgiram por meio do físico Albert Einstein, que sugeriu que a radiação era composta por inúmeras partículas que carregavam energia, porém, eram indivisíveis. Para o físico, o fóton não era considerado nem onda e nem partícula, mas uma excitação quantizada dos modos normais do campo eletromagnético (SILVA, 2015), reconhecendo que a quantização de energia – ou *quantum* – é uma forma de

[...] adotar o caráter corpuscular que está presente no processo de interação da radiação com a matéria (absorção e emissão), que a energia radiante é quantizada em pacotes concentrados, que, posteriormente, receberiam o nome de fótons (SILVA *et al.*, 2018, p.37).

Logo, o fóton, ou *quantum* de energia, pode ser considerado muito mais delicado e misterioso do que Einstein imaginava, sendo considerado um objeto quântico que tem suas devidas características. Sendo assim, vale lembrar que os fótons são partículas que compõem a luz e que transportam energia em pequenos “pacotes” nas radiações eletromagnéticas.

Conforme Goldin-Meadow (2017), no instante em que a pessoa está imaginando e, nesse mesmo momento, ela realiza um gesto, esse gesto é uma representação do que está se passando em sua mente, sendo que, muitas vezes, os alunos não conseguem se expressar por meio de palavras e os gestos podem ser essa ferramenta, que busca compreender o que está se passando na mente do aluno. Assim, apresentam-se alguns gestos realizados pelos alunos, das duas turmas participantes, que utilizaram os gestos no instante em que explicavam (ou mencionavam) o conceito do fóton.

Apresentando um excerto da entrevista da aluna A4 e o gesto que realizou no instante que explanava sobre o que acontecia quando um elétron saltava de uma órbita para outra.

Professora – *Perfeito, A4. E quando o elétron salta de uma órbita para outra, vamos supor: de um nível menor para o maior, o que acontece?*

A4 - *Do nível menor para o maior ele recebe mais energia.*

Professora - *E quando está do maior para o menor, o que acontece, tu lembra?*

A4 - *Ele perde energia, então, se não me engano, ele perde fótons ou ele ganha fótons.*

Professora - *E como é que você imagina esses fótons?*

A4 - *Umas luzinhas laranjas.*

Professora - *Umas luzinhas laranjas?*

A4 – *É. Umas luzinhas laranjas, bem forte.*

Professora – *E como é que tu imaginas essas “luzinhas laranjas”?*

A4 - *Como se fosse um flash.*

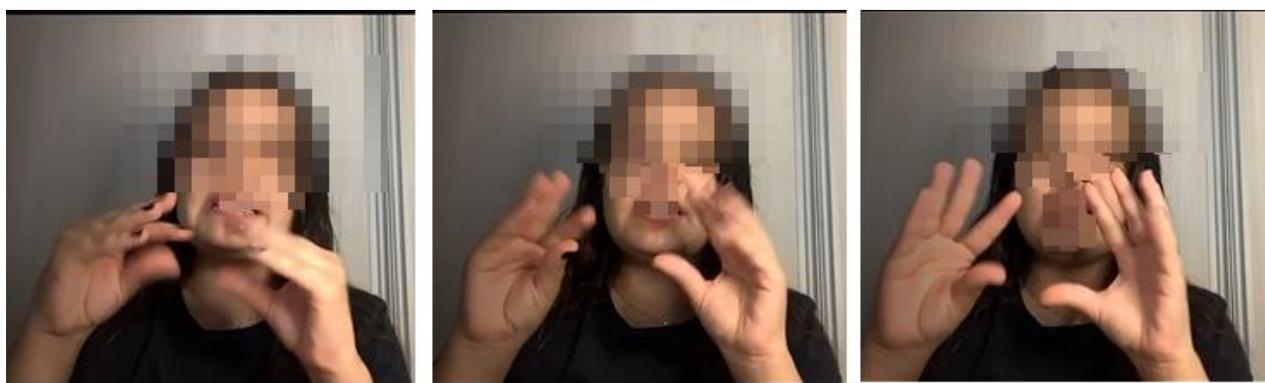
Professora – **Um flash?** *E tu imagina esse flash, esse flash, de alguma coisa que a gente viu em aula, de alguma coisa que tu viu em algum filme ou série?*

A4 – *Foi naquela aula que a gente usou a **simulação que tinha os fótons** e eles eram mais piscantes **ASSIM**.*

A partir deste excerto, percebe-se que a aluna menciona o fóton ao explicar sobre o que acontece quando um elétron salta de uma órbita para outra. No instante em que ela fala “*Como se fosse um flash*”, ela, naturalmente, utiliza as duas mãos para realizar um gesto ().

Conforme os autores que embasam essa pesquisa, Goldin-Meadow (2014; 2015; 2017), McNeill (2000), Kendon (2004), Radford (2009; 2015; 2018; 2020), Arzarello (2006) e Sabena (2008), os gestos trazem uma representação da imagem mental que está passando. Isto é, o gesto ocorre de maneira espontânea ao explicar os saltos do elétron e o que eles emitem (o fóton). Sendo que, no momento em que a aluna A4 explica que foi na simulação que tinha os fótons, ela acaba realizando gestos rítmicos (*beats*) (McNeill, 2000), que ocorrem juntamente com a pulsação rítmica da fala.

Figura 61 – Gesto do fóton pela discente



Fonte: A autora (2022).

Entretanto, por mais que ela mencione a simulação computacional, ela realiza um gesto metafórico que a docente realizou em aula ao explicar sobre os fótons (Figura 62).

Figura 62 – Gesto do fóton pela docente

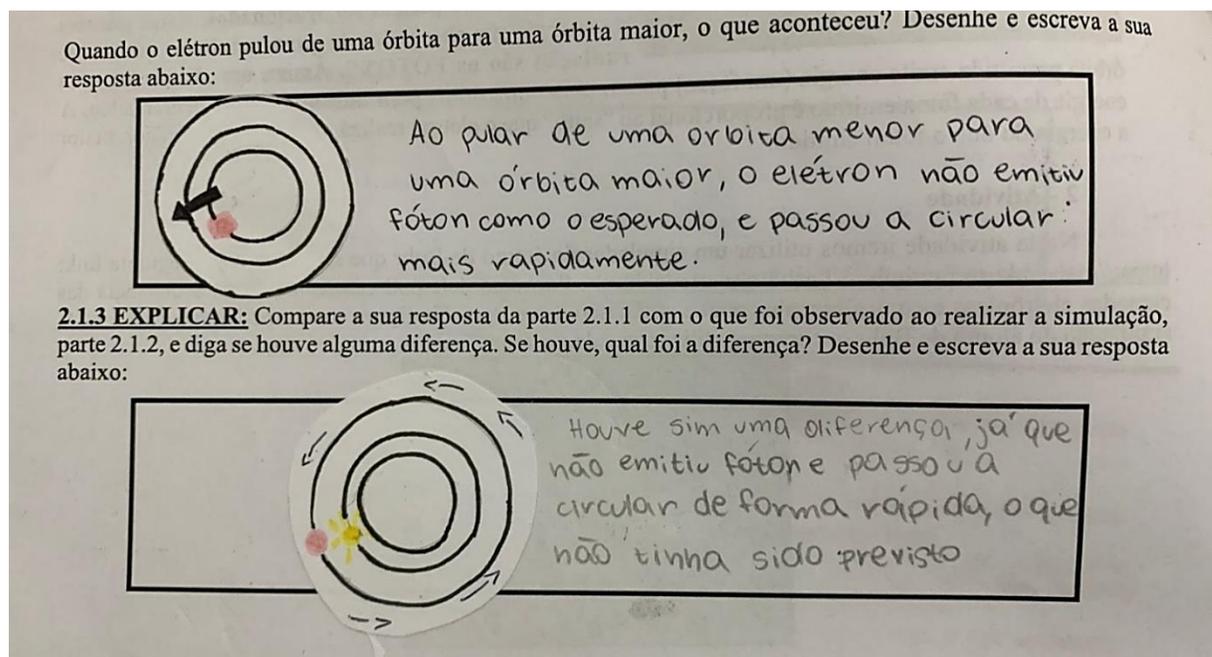


Fonte: A autora (2022).

Alguns alunos expõem em seu roteiro da simulação computacional que eles esperavam que o elétron, ao pular de uma órbita menor para uma órbita maior, iria emitir

um fóton, porém, com o auxílio da simulação, eles observaram que o elétron não emitiu o fóton como esperado e passou a circular com maior velocidade (Figura 63).

Figura 63 – Resposta do roteiro da simulação computacional de um grupo de alunos



Fonte: A autora (2022).

A aluna A24, que era da turma B, que tinha o fóton sendo representado pelo gesto como se fosse um “raiozinho”, ao ser questionada na entrevista sobre o que acontecia com o elétron quando ele saltava de uma órbita para outra, ela menciona que não imagina que ele tenha uma cor por ser tão rápido ao se afastar de uma órbita para a outra.

Professora – E quando os elétrons saltam de uma órbita para a outra, tu lembrás o que acontece?

A24 – Eu lembro que quando eles estão numa órbita mais afastada e eles querem ir para uma órbita mais próxima, ele vai liberar um fóton, né.

Professora – E como é que tu imaginas esse fóton? Ele tem cor, tem tamanho? Tu estás me falando, como é que tu estás imaginando?

A24 – O fóton, eu acho que ele seja que nem um raio, que ele seja tão rápido que, talvez, a gente não veja e, por isso, não tenha cor.

A aluna ainda gesticula, no mesmo momento em que fala do fóton, o gesto similar ao da professora usando o dedo indicador e fazendo no ar a representação de um raio e de maneira rápida (Figura 64).

Figura 64 – Aluna A24 gesticulando quando fala sobre o fóton



Fonte: A autora (2022).

Outra aluna, ao observar o comportamento do elétron ao saltar de uma órbita para outra, destaca uma luz, isto é do fóton. Na representação, ela ainda destaca o que seria o “ponto de luz” (Figura 65).

Figura 65 – Parte do roteiro da simulação computacional de uma aluna

Quando pulsa de órbita, o comprimento de onda diminui criando uma luz.

2.2.3 EXPLICAR: Compare a sua resposta da parte 2.2.1 com o que foi observado ao realizar a simulação, parte 2.2.2, e diga se houve alguma diferença. Se houve, qual foi a diferença? Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:

Não houve diferença, realmente o que imaginei - mas aconteceu.

Fonte: A autora (2022).

Já o aluno A5, ao ser entrevistado sobre o que acontecia quando um elétron saltava de uma órbita para outra, respondeu da seguinte maneira:

Professora – *Então, quando os elétrons saltam de uma órbita para outra, de uma órbita para outra, como é que tu imaginas isso? De uma menor para uma maior, primeiramente.*

A5 - *De uma menor para uma maior?*

Professora – *É.*

A5 - *Eu imagino...eu não... o imagino indo reto, eu imagino como se fosse um movimento rápido, como se ele saísse de um e surgisse em outro.*

Professora - *Podes repetir esse gesto que tu fez?*

A5 - *Ele está aqui, na camada maior, e aqui tem a camada menor, eu acho que ele sobe rápido assim e aparece no outro, bem rápido.*

Professora - *E tu imagina assim alguma cor desse movimento ou não?*

A5 - *Eu imagino um brilho azul.*

No momento em que o aluno descreve o movimento como algo “rápido”, ele utiliza a mão esquerda abrindo e fechando para representar, porém, ele faz esse gesto como se percorresse algo lateralmente (Figura 66).

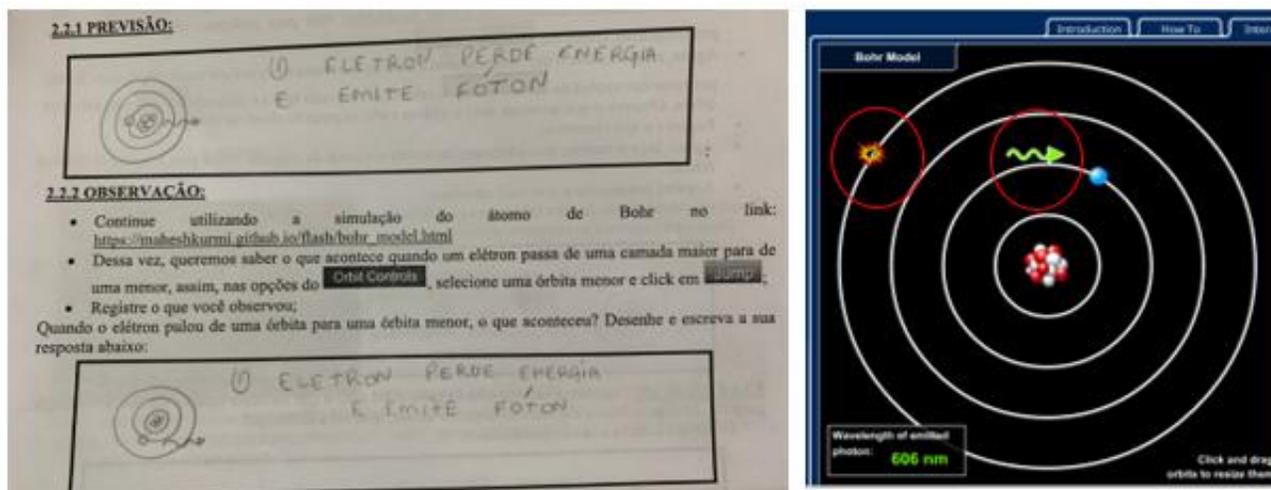
Figura 66 – Gesto do discente A5



Fonte: A autora (2022).

Outros alunos, ao preverem a situação sobre a mudança de órbita, conforme o elétron salta, acreditavam que o elétron perderia energia e emitiria um fóton. No desenho que representa o modelo de Bohr, os alunos representaram o fóton conforme a ilustração da simulação computacional (Figura 67).

Figura 67 – Trecho do roteiro da simulação computacional e tela da simulação computacional



Fonte: a autora (2022).

O aluno A5 não menciona o conceito de fóton, mas gesticula e explica como se fosse a movimentação do fóton a partir do átomo de Bohr. Posteriormente, a professora, durante a entrevista, questiona se ele recorda do fóton e obtém a seguinte resposta:

Professora – E tu lembra alguma coisa do fóton?

A5 - O fóton é a energia resultante, que é liberada, não?

Professora – Isso. E como é que tu imaginas o fóton?

A5 - Eu imagino um brilho amarelo, só que como se fosse **uma faísca**.

Professora – E ele tem um movimento? Como é que tu imaginas assim o movimento do fóton?

A5 - Eu o imagino se **expandindo**. Ele indo para fora e se expandindo.

Ao mencionar que imagina o fóton como uma faísca, algo se expandindo, o aluno utiliza as duas mãos para realizar o gesto (Figura 68). Primeiro, ele aproxima as duas

mãos e, posteriormente, as separa. Esse gesto acontece no momento em que ele imagina o fóton como uma faísca que vai se expandindo, no qual vai se distanciando (por isso começa o gesto com as mãos próximas e fechadas) e se expandindo (finaliza com as mãos se afastando e se abrindo).

Esse gesto metafórico (McNeill, 2000), por mais que não seja idêntico ao da docente, se assemelha, pois o fóton representado pela docente acontece com as duas mãos abrindo e fechando rapidamente, entretanto, de maneira estática. O gesto do aluno também é de abrir e fechar rapidamente as mãos, entretanto, ele vai afastando as mãos para o lado.

Figura 68 – Gesto do discente A5



Fonte: A autora (2022).

Dando continuidade à pesquisa, ao entrevistar o aluno A7, no instante em que é questionado sobre o que aconteceria caso um elétron saltasse de uma órbita para outra, ele logo já menciona o fóton. Para A7, o fóton representa uma lâmpada se acendendo.

Professora - E quando um elétron salta de uma órbita para outra. Tu lembra o que que acontece?

A7 – Ele emite luz, né, emite fóton.

Professora – Isso. E quando tu falas em fóton, o que vem na tua mente? Como que tu o imaginas?

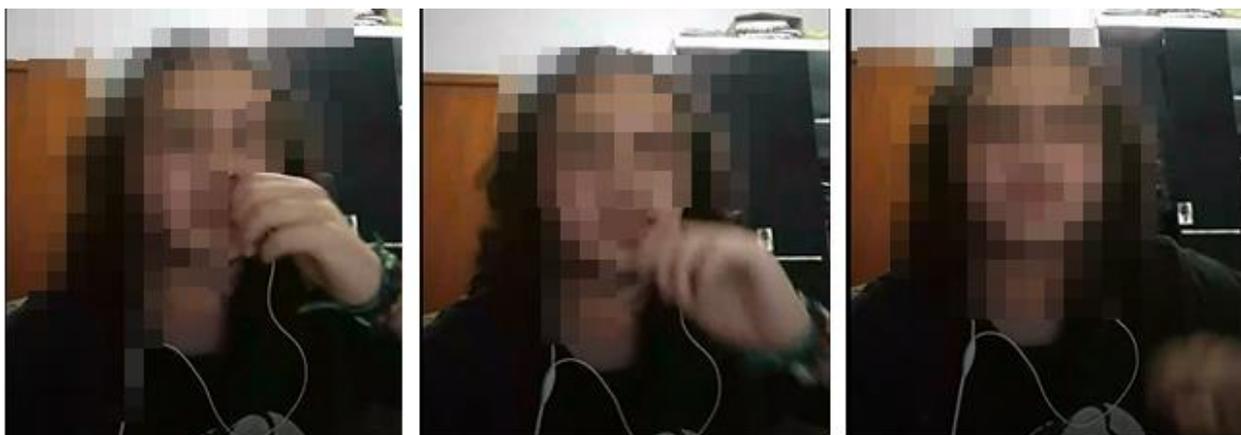
A7 – Eu imagino uma lâmpada **mesmo, assim**, acendendo, tipo uma luz.

Professora – Uma lâmpada? Uma lâmpada normal, assim, de casa, ou alguma específica, que tu tá imaginando agora?

A7 – É, uma lâmpada de casa, daquelas amarela.

Quando A7 fala “*Eu imagino uma lâmpada mesmo assim*”, ele realiza o gesto com apenas uma mão de abrir e fechar rapidamente e apenas uma vez. Esse gesto é considerado um gesto *beats* (McNeill, 2000) pelo fato de estar associado à pulsação de sua fala, como se fosse o movimento do fóton, ou, como ele mencionou anteriormente, como uma lâmpada acendendo e apagando rapidamente (Figura 69).

Figura 69 – Aluno A7 realizando o gesto do fóton



Fonte: A autora (2022).

Agora, já para o aluno A10, quando questionado sobre o fóton, ele responde, sem hesitar, que o fóton é um *flash*.

Professora - *Tu lembras alguma coisa dos fótons?*

A10 - *Sim, o fóton é tipo um flash.*

Quando ele fala que é um *flash*, no mesmo instante, ele realiza um gesto com as duas mãos. Com o uso dos dedos indicadores, ele faz um gesto que, na sua fala posterior, explana ao que se refere (Figura 70).

Figura 70 – Gesto sobre quantização de energia



Fonte: A autora (2022).

Ao ser questionado sobre o que seria aquele gesto no mesmo instante em que ele fala que o fóton seria um *flash*, ele explica que seria a “quantização de energia”, os pacotes de energia. Verificando, constatou-se que o aluno A10 é da turma B, logo, ele lembrou dos pacotes de energia que foram mencionados pela professora.

Professora - Certo. E quando tu fazes assim, (gesto), o que tu estás querendo me dizer?

A10 - Seria a quantização de energia.

Professora - Os pacotes de energia?

A10 - Isso, não sei explicar direito, mas é isso.

O aluno A11, da turma C, lembrou o fóton como se realizasse um movimento do “raiozinho” e, ainda, relacionou o átomo de Bohr, por meio da explicação dos fogos de artifícios (aula teórica), conforme podemos ver no excerto abaixo.

Professora - E quando um elétron salta de uma órbita para outra, né? Tu lembras que isso acontece?

A11 - Ele solta um fóton.

Professora - Isso. E como é que tu imaginas o fóton?

A11 - Ah, tipo um **raiozinho**, sora.

Professora - Um raiozinho?

A11 - Aham.

Professora - E que cor esse raiozinho?

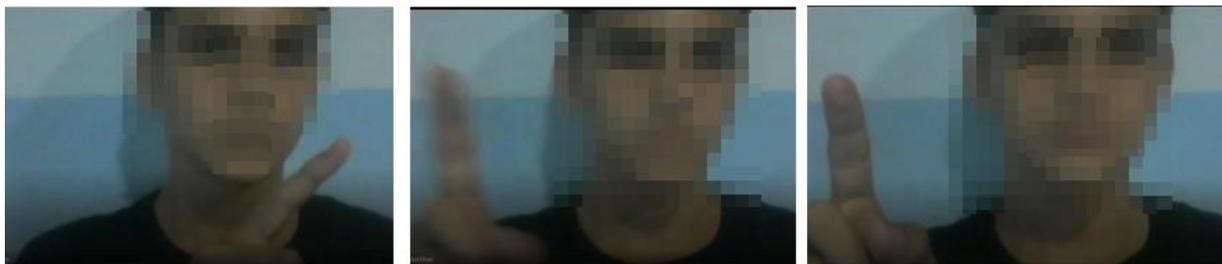
A11 - Uma luz amarela, branca....

Professora - E tu lembra disso de onde?

A11 - Sim, eu lembro dos **fogos de artifício**.

No instante em que ele descreve o fóton como se fosse um “raiozinho”, ele realiza o seguinte gesto (figura 70):

Figura 70 – Gesto do aluno A11 sobre o fóton



Fonte: A autora (2022).

Isto é, o conceito de fóton do aluno A11 está relacionado com os fogos de artifício, que foram utilizados como exemplo para a explanação sobre a presença do átomo de Bohr em nosso cotidiano (figura 71).

Figura 71 – Slides utilizados em aula



Fonte: A autora (2022).

O aluno A12, que também é da turma C, quando questionado sobre o que aconteceria no momento em que o elétron salta de uma órbita para outra, imediatamente, fala que ele lembra dos “fótons”.

Professora - Tá. E quando o elétron salta de uma órbita para outra, tu lembra o que acontece?

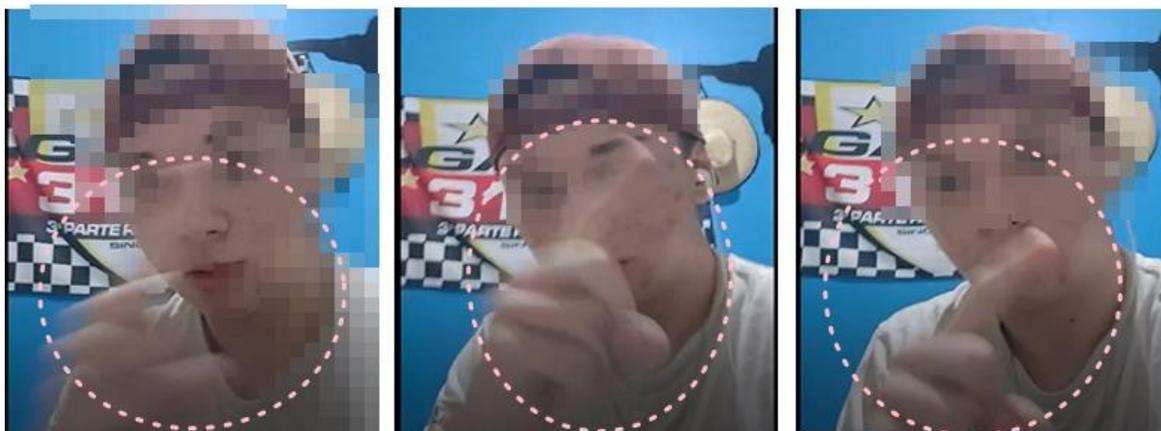
A12 - Os fótons.

Professora - Os fótons?

A12 - Eram um “Zezinho”, um raiozinho.

O aluno A12, ao mencionar que seria um “Zezinho”, naturalmente, realiza o seguinte gesto (figura 72).

Figura 72 – Gesto do aluno A12 sobre o fóton



Fonte: A autora (2022).

A aluna A16 não realizou nenhum gesto com relação ao conceito do fóton, entretanto, mencionou como ela imaginava que seria. Segue o excerto da entrevista da aluna A16.

Professora - *E quando tem um elétron numa órbita mais perto do núcleo e salta numa órbita mais exterior, tu lembrás o que acontece? O que tu imaginas?*

A16 - *Eu não lembro o nome, acho que é fóton, mas é como se fosse um **raiozinho** quando ele salta de uma órbita para outra.*

Professora - *Tu o imagina sendo um raiozinho?*

A16 – *Aham*

Professora - *E tu lembra de onde que vem essa imagem?*

A16 - *Não.*

A aluna A18, que também é da turma da aluna A16, quando questionada se lembrava de alguma coisa sobre fótons, teve a seguinte resposta:

Professora - Ótimo, perfeito. E quando o elétron salta de uma camada para outra, de uma menor para uma maior ou de uma maior para uma menor, tu lembra, assim?

A18 - Que ele “empresta”, entre aspas, o elétron, os prótons, um para o outro átomo, algo assim...

Professora - E tu lembra alguma coisa de fótons?

A18 - Fótons que a gente apresentou na maquete como **raiozinhos**.

Professora - Isso, e tu acha que vem de onde esses raiozinhos?

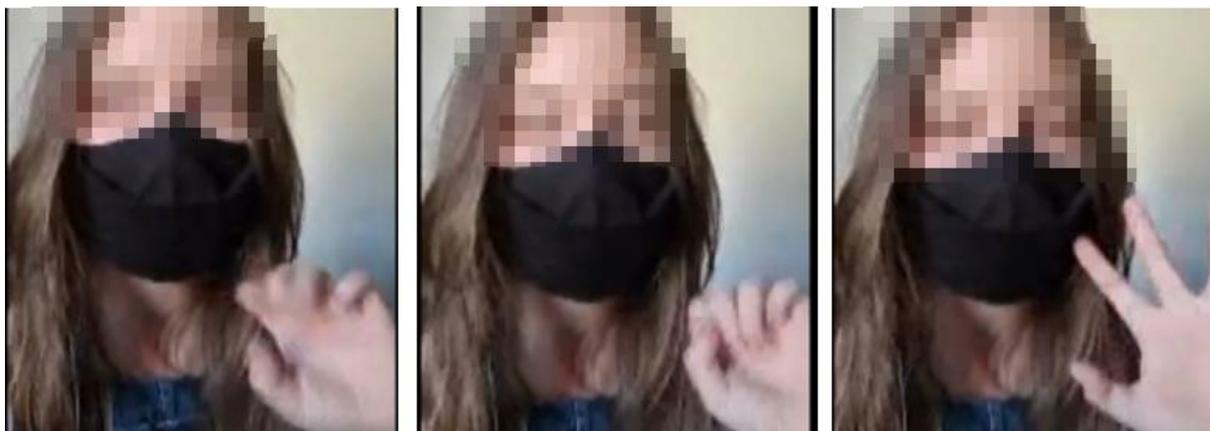
A18 - Acho que...olha, explicar mesmo eu não sei, mas eu imagino que seja alguma coisa de eletricidade.

Professora - Isso, eu quero saber o que tu imaginas, o que vem na tua mente.

A18 – Ah, uns **flashs de luz**, mas do átomo minúsculo, que não podemos ver a olha nu.

A aluna A18 realiza um gesto (figura 73), de abrir e fechar as mãos, rapidamente, no mesmo instante em que fala “Ah, uns *flashs* de luz, mas do átomo minúsculo”, reiterando a relação de fóton com luz.

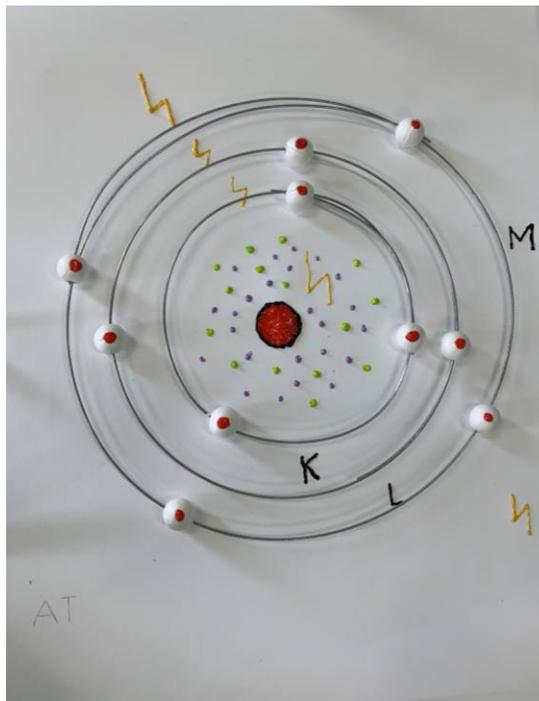
Figura 73 – Aluna A18 realizando o gesto do fóton



Fonte: A autora (2022).

Quando questionada de onde ela tirou esses “raiozinhos”, ela lembra que pode ter sido da maquete (figura 74) que eles construíram em sala de aula.

Figura 74 – Maquete elaborada por um grupo de alunos



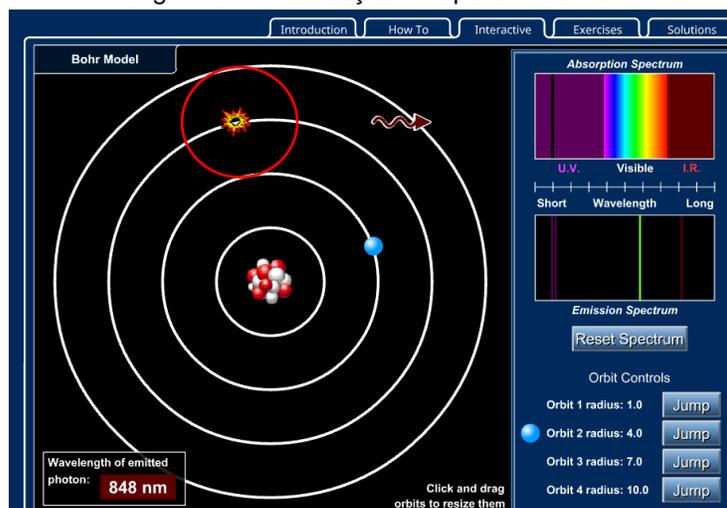
Fonte: A autora (2022).

O termo “raiozinho” que muitos alunos acabaram utilizando, acredita-se que pode ter sido da explicação da professora, por meio dos gestos, ou oriundo dos *slides* – que continham *gifs* que traziam a representação do fóton em forma de uma seta deslizando rapidamente – ou, ainda, da simulação computacional.

Conforme Peirce (2015), o ícone, um tipo de signo, acaba proporcionando uma relação de semelhança com o seu objeto, como já mencionado anteriormente, por exemplo, as cores. A cor azul sempre é relacionada com água, mar e céu. Já no conceito norteador deste episódio, em relação ao fóton, o amarelo sempre proporciona essa semelhança com o objeto.

O fóton, na simulação computacional, é representado por meio de uma seta que “encosta” na órbita e surge numa “explosão”, nas cores amarelo e laranja (figura 75). Fóton também está relacionado à luz, termo esse que é relacionado por meio da iluminação de nossos lares, isto é, mediante a articulação com as lâmpadas que usamos em casa. Ou, ainda, à chama de uma vela, que também remete às cores amarelo e laranja.

Figura 75 – Simulação computacional – fóton



Fonte: a autora (2022).

Portanto, por mais que a aluna não afirme de onde ela traz essa imagem, por meio da semiótica de Peirce, pode-se analisar que a cor tem um papel fundamental na relação com o fóton, tanto que, ao desenhar o fóton na maquete, eles têm o cuidado de utilizar o amarelo para representar.

Outras alunas, ao responderem o roteiro da simulação computacional, descrevem que, conforme ocorre a mudança do elétron para outra órbita, acontece a mudança de velocidade e, conseqüentemente, a emissão do fóton (figura 76).

Figura 76 – Trecho do roteiro da simulação computacional

INICIAMOS COM O ELÉTRON NA PRIMEIRA CAMADA. NA SIMULAÇÃO FIZEMOS UM QUE ELE FOSSE PARA A SEGUNDA CAMADA, FAZENDO ASSIM QUE SUA VELOCIDADE AUMENTASSE ASSIM PRODUZINDO UM FÓTON

2.1.3 EXPLICAR: Compare a sua resposta da parte 2.1.1 com o que foi observado ao realizar a simulação, parte 2.1.2, e diga se houve alguma diferença. Se houve, qual foi a diferença? Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:

NÃO HOUVE MUDANÇA, POIS NO PRIMEIRO CASO OCORREU A MESMA COISA DO SEGUNDO, O ELÉTRON MUDOU DE ÓRBITA AUMENTANDO A VELOCIDADE E EMITINDO FÓTON.

Fonte: A autora (2022).

A aluna A20 traz a imagem do fóton por meio de um *emoticon* do *WhatsApp*, o qual ela descreve, no decorrer da entrevista e, também, realiza o gesto e um som de como seria o fóton, conforme o que está se passando na mente dela. Ela utiliza o gesto para explicar, da melhor forma, o que ela está imaginando no instante em que é questionada sobre o fóton.

Professora – *E como é que tu imaginas o fóton?*

A20 – *Eu imagino tipo um raiozinho, sabe? Tipo aquele emoticon do WhatsApp, aquele raiozinho “Zuupti”.*

No instante em que a aluna descreve que imagina o fóton como sendo um “raiozinho”, ela visualiza como sendo o do aplicativo de mensagens (figura 77). Observe-se que ela realiza o mesmo gesto que a docente fez em sala de aula para sua turma ao explicar sobre o fóton (figura 78).

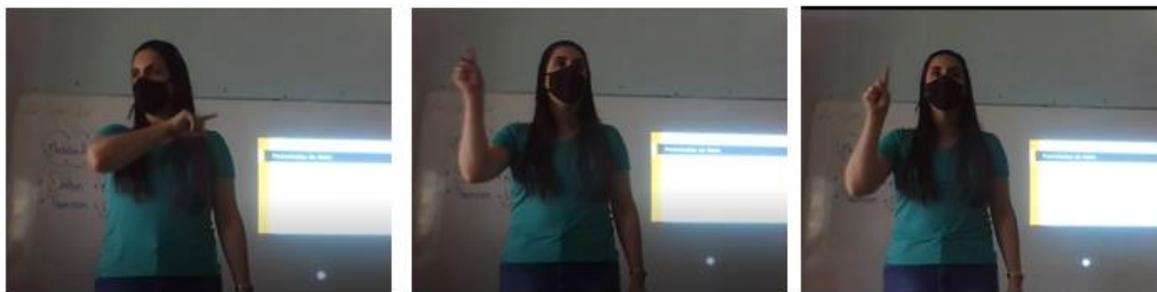
Além disso, A20 realiza um gesto, que, conforme McNeill (2000), é um gesto rítmico (*beats*), ou seja, um gesto curto, rápido e com ênfase no sentido da palavra no decorrer do discurso, isto é, movimentação juntamente com a pulsação rítmica da fala.

Figura 77 – Gesto do fóton da aluna A20



Fonte: A autora (2022).

Figura 78 – Gestos da docente sobre o fóton



Fonte: A autora (2022).

Ao continuar a entrevista, a aluna A20 ainda vai trazendo novas informações de onde ela traz essas imagens mentais. Após ela mencionar o *WhatsApp*, ela ainda destaca que lembrou do labor conjunto que fizeram em sala de aula, em grupo, na construção do átomo de Bohr, e que ela e seu grupo tiveram a criatividade de usar uma lanterna para representar o fóton.

Professora – *Sim, sim. Então, tu traz a ideia do WhatsApp?*

A20 – *E quando ele está numa camada menor para ir para uma maior, eu imagino que ele precisa receber energia para ficar “forte” e passar para o outro. Ele recebe a energiazinha e....zapi, salta para a outro órbita.*

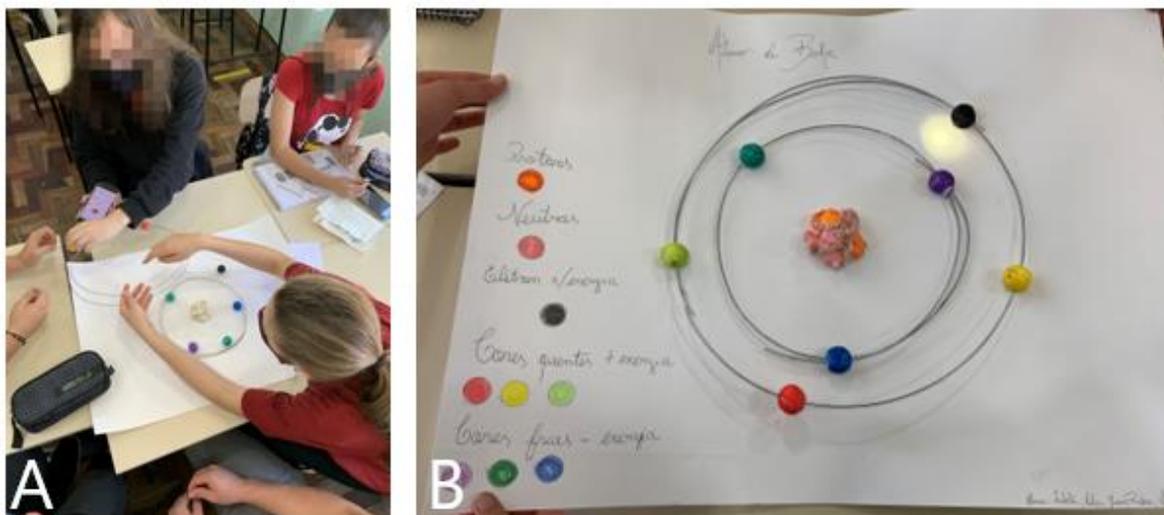
Professora – *E quando tu estás me falando isso, te remete alguma coisa da sala de aula ou coisas externas, como por exemplo, o WhatsApp?*

A20 – *é, quando eu falei do fóton, na verdade, eu me lembrei da lanterna do João¹¹ e imaginei aquele flash.*

A seguir, segue a imagem do grupo realizando o labor conjunto na elaboração do átomo de Bohr, com os materiais que eles mesmo escolheram. Além do resultado final do átomo de Bohr do grupo, no qual utilizaram arames, tinta, bolinhas e, por fim, a luz da lanterna para representar o fóton (figura 79).

¹¹ O nome do aluno João é fictício.

Figura 79 – Alunos elaborando o Átomo de Bohr com arames e a lanterna



Fonte: A autora (2022).

E, ao final da entrevista, ao ser questionada sobre o gesto que ela fez anteriormente ao explicar sobre o que acontece quando um elétron salta de uma órbita para outra, ela faz o elétron, novamente, com a mão esquerda, como se fosse uma “bolinha”, assim como feito anteriormente e como a docente fez em aula. Porém, com a mão direita, ela faz um movimento de “vai e vem”, demonstrando como seria o fóton sendo emitido (figura 80).

Professora – E como é que seria esse gesto, A20, que tu acabaste de fazer?

A20 – A bolinha aqui, aí liberou energia e fez zuuuuum (gesto).

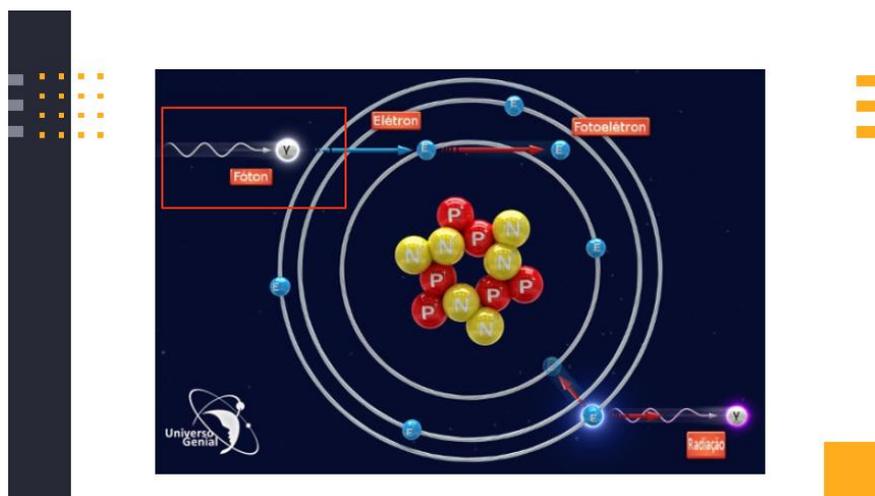
Figura 80 – Gesto da movimentação do fóton pela A20



Fonte: A autora (2022).

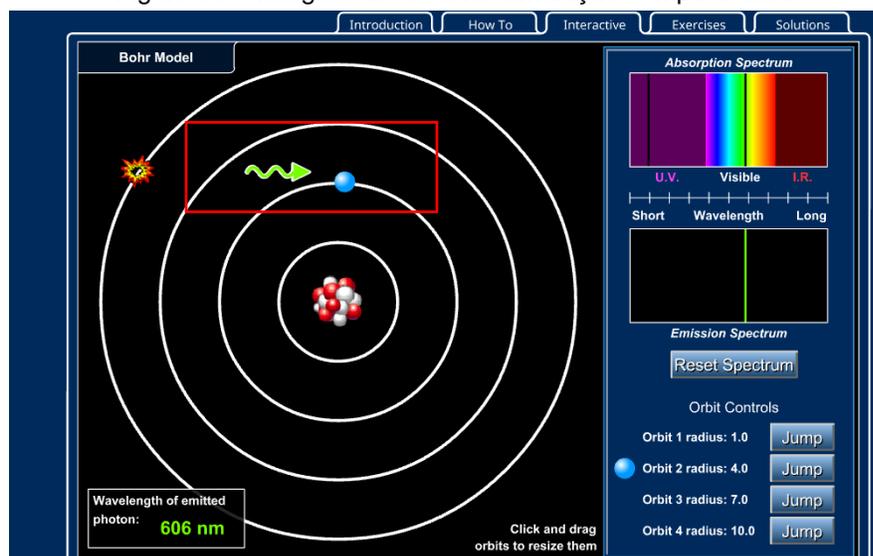
Esse gesto nos remete aos *gifs* utilizados na aula teórica (Figura 80), na simulação computacional (Figura 81) ou, ainda, ao gesto que a docente realizou em aula.

Figura 80 – *Slide* utilizado na explicação sobre o fóton



Fonte: A autora (2022).

Figura 81 – Imagem do fóton na simulação computacional



Fonte: A autora (2022).

Ao final da entrevista, a professora pergunta se teria mais alguma coisa que fizesse a A20 lembrar do átomo de Bohr. Logo, a aluna menciona que, “sinceramente”, ela lembra

de “peixes elétricos”, mais especificamente, dos peixes do desenho da Pequena Sereia Ariel (figura 82), ao discorrer sobre o fóton.

Professora – Muito válido, A20. E mais alguma coisa que tu lembrás do Átomo de Bohr, alguma coisa assim do cotidiano?

A20- Na sinceridade, o fóton me lembra muito aqueles peixes elétricos, sabe? Que eles são tudo...meio assim...(gesto).

Professora – E de onde tu achas que vem essa ideia dos peixes elétricos?

A20- Acho que dos desenhos de crianças que eu assistia.

Professora – Te lembra do nome de algum desenho?

A20 – Eu me lembro daquelas cobras malvadas da Ariel, sabe?

Professora – Aham, sei.

Figura 82 – Peixes elétricos de um desenho animado



Fonte: Little Ariel (2022).

A partir do pacote semiótico – gesto e fala – analisado conforme as pesquisas de Radford (2021), Arzarello (2006), Sabena (2008), e com um olhar da semiótica de Peirce (2015), observou-se, nesse episódio, como o fóton estava presente nas explicações dos alunos no instante em que eles explanavam sobre o elétron saltando de uma órbita para outra, isto é, os alunos mencionavam o fóton – conceito este um dos mais abstratos – naturalmente, ao realizar uma explicação.

Entretanto, existem outros fatos obtidos no pacote semiótico que estão relacionados com o processo de subjetivação, porém, de uma maneira diferente da

mencionada anteriormente. A aluna, quando questionada sobre o que acontecia quando um elétron saltava de uma órbita para outra, responde: “*Eu não lembro o nome, acho que é fóton...*” evidenciando que ainda tem uma dificuldade em lembrar o nome do fóton no primeiro instante.

No processo de subjetivação, podemos ter indícios por meio do posicionamento, da postura, da participação, do respeito com o próximo, tal como com a colaboração entre eles e se eles mesmos se reconheceram como parte do processo de ensino-aprendizagem.

Diante dos dados coletados, observa-se que os alunos, principalmente na elaboração da maquete do modelo de Bohr, colaboraram entre si e respeitaram as opiniões dos colegas, bem como se identificaram parte, ou melhor dizendo, protagonistas do processo de ensino-aprendizagem, mediante a oportunidade deles mesmos fazerem e elaborarem algo.

A aluna A18 também manifesta uma certa insegurança ao responder à mesma pergunta, “*Acho que...olha... explicar mesmo eu não sei*”, sendo esse um indício de que não aconteceu plenamente o processo de subjetivação. Entretanto, além do que foi apresentado nesses episódios, vale reiterar que, muitas vezes, os processos de subjetivação estão presentes no decorrer do labor conjunto.

A partir do momento em que eles desenvolveram as atividades em grupo – jogo, maquete e simulação – era possível perceber os movimentos do processo de subjetivação mediante o posicionamento dos alunos na atividade. A forma como os alunos se comportaram, refletiram e pesquisaram no celular outras maneiras de expressar o átomo de Bohr na maquete, se tornou satisfatória.

Os alunos debateram entre si ao responderem as perguntas do jogo, bem como pesquisaram e discutiram sobre a forma com que cada grupo iria elaborar o seu átomo de Bohr e, como, ainda, eles iriam predizer o que acontecia com a movimentação do elétron na simulação computacional. Esses momentos apenas evidenciaram a importância de se desenvolver mais questões que envolvam o “ser” nos processos de ensino e aprendizagem.

Porém, vale destacar que os alunos também tinham sentimentos de competição, tornando a postura algo competitivo e não tiveram o cuidado de tomarem consciência do

objeto de saber que estava sendo movimentado. As disputas entre os jogos e as divergências na forma com que eles definiram como iriam construir a maquete ou como iriam responder à simulação computacional também estavam presentes. Conforme Radford (2021), os alunos só estão trabalhando na maneira de labor conjunto se estão dentro de uma ética comunitária, ou seja, sem a ética comunitária não existe o labor conjunto.

Logo, para estarem dentro de uma ética comunitária os alunos devem estar se respeitando e se tratando com responsabilidade, tendo compromisso dentro da atividade proposta e, tendo o último elemento mencionado por Radford (2021), o cuidado com o outro.

5.2 CONSIDERAÇÕES ACERCA DOS RESULTADOS

Os resultados apresentados na seção anterior trazem algumas evidências a partir da intervenção didática realizada com duas turmas do Ensino Médio. Reitera-se que a intervenção didática tinha como objetivo proporcionar o ensino do Átomo de Bohr por meio de atividade lúdicas, com interações sociais. Logo, atividades como a exposição teórica, a utilização de um jogo educacional, a elaboração de maquetes e o uso de uma simulação computacional, foram utilizados para atingir o objetivo proposto.

Assim, após a intervenção didática, foi realizada uma entrevista com alguns alunos, seguindo o protocolo *Report Aloud*. Este protocolo auxiliou na estimulação do aluno para demonstrar, por meio de recursos semióticos, o que estava se passando em sua mente no momento em que respondia/resolvia à questão proposta.

Com a utilização dos recursos semióticos, compreende-se de que maneira e o que os alunos estavam imaginando naquele exato instante da entrevista, para que, desta forma, se pudesse compreender se ocorreram os processos de objetivação e de subjetivação, tal como a herança semiótica por meio dos gestos, sendo este o objetivo norteador deste estudo.

Conforme Radford (2020), após as entrevistas, separou-se os dados em dois episódios – Elétron e Fóton – na busca de desvendar se aconteceu alguma herança semiótica, bem como os processos de objetivação e de subjetivação. A partir desses

episódios, cada um dos vídeos foi analisado e separou-se os momentos em que os alunos respondiam sobre o tema em questão e que, gesticulavam, no mesmo instante em que explanavam.

Essa gesticulação, apresentada nos episódios, foi realizada no instante em que eles falavam, logo, foi considerada o pacote semiótico que Radford menciona. Isto é, um conjunto de meios semióticos – gesto e fala, nesta pesquisa – que foi desenvolvido pelos alunos no decorrer de determinadas atividades, que ocorreram de maneira ordenada e unificada.

A partir deste pacote semiótico, foram analisados, primeiramente, os tipos de gestos, e percebeu-se que a maioria dos gestos foi metafórico (McNeill, 2000), ou seja, foram gestos que, em sua movimentação, se referiam a uma ideia abstrata, como, por exemplo, os elétrons, os fótons, as substâncias químicas, etc., algo que faz sentido, tendo em vista que esta pesquisa aborda o átomo de Bohr, um modelo atômico que descreve o átomo como um núcleo pequeno, carregado positivamente, cercado por elétrons em órbitas circulares.

Com isso, os gestos que foram observados trazem indícios da herança semiótica, pois os gestos realizados pelos alunos condizem com os gestos feitos pela docente em suas respectivas turmas. A docente realizou um gesto para elétron e um gesto para fóton, distintos para as turmas A e B. Após as entrevistas e, no decorrer das análises, foi sendo verificado se o aluno que representava determinado gesto condizia com a turma na qual havia sido utilizado aquele gesto específico pela docente.

Posteriormente, ao findar as aulas e as entrevistas, após cinco meses, foi enviado aos alunos, via aplicativo de mensagem, um questionário, via *Google Forms*, com algumas perguntas (Apêndice C) que tinham o intuito de saber se eles ainda lembravam das atividades feitas e, nesse momento, de algum dos gestos da docente. Foi enviado para os 30 alunos participantes da entrevista e obteve-se o retorno de 21 respostas. Novamente, vale lembrar que, para preservar a identidade dos alunos, não foram identificados os nomes dos alunos que responderam.

Nas entrevistas, não era questionado sobre a lembrança de alguns gestos, queria-se que eles gesticulassem – caso gesticulassem – naturalmente, de uma forma espontânea. Já no questionário, visto ter passado alguns meses, foi perguntado da

lembrança de algum dos gestos da docente para verificar a presença ou não nos gestos no processo de ensino-aprendizagem.

Figura 83 – Algumas respostas do questionário

Fonte: A autora (2022).

Na pergunta “Quando falas em “átomo de Bohr”, qual a imagem que vem na sua

Bolinha de massinha de modelar
Uma esfera com algumas bolinhas
Esferas em conjunto
Vários elétrons como se fosse uma luz de <i>laser</i> rodando em forma circular
Um círculo no qual tem elétrons, nêutrons, prótons circulando por aí
A primeira coisa que me vem à mente é do trabalho da maquete que fizemos com a cartolina, os arames, as bolinhas de isopor e a tinta (que, por sinal, ficou legal né?!)
Raiozinhos

mente?”, a maioria dos alunos remeteu a ideia de “círculo”, “bolinhas” e “esferas”, além de trazer conceitos como eletricidade e presença de elétrons. Abaixo (figura 84), apenas algumas respostas dos alunos.

Figura 84 - Algumas respostas do questionário

Sim, os raiozinhos
Pior que não lembro kkkk
Não lembro de nenhum
Voltas com as mãos com relação às órbitas
Não
Dela na simulação explicando nos grupos
Gestos feito com as mãos dos elétrons saltando e pulando de uma camada para outra
Sim, a mão fechada me lembra um pacote de energia e o gesto de imitar uma estrela cadente me lembra um elétron quando quer chegar mais próxima do núcleo
Sim, um fóton como um raio
A maquete e o jogo
Sim, a profe fazia movimentos circulares e repetidos
Simmmmm, o gesto que a professora simulava o fóton de energia sendo emitido .

Fonte: A autora (2022).

A penúltima pergunta era “Você lembra de algum gesto feito em aula pela professora que auxiliou na compreensão (ou na relembração) de algum conceito/termo?”.

Alguns alunos lembraram da realização dos gestos e até, especificamente, de qual conceito, porém, alguns nem lembravam da realização de gestos em sala de aula.

E, por fim, a última pergunta já era relacionada com a preferência dos recursos utilizados em sala de aula, sendo “De todos os métodos de ensino (quadro, *slides*, *Kahoot*, maquete e simulação computacional), qual deles foi mais útil para o seu aprendizado? Por quê?”. Muitos alunos escolheram o *Kahoot* como a maneira mais útil para o aprendizado deles. Lembrando que o jogo educacional *Kahoot* foi realizado em duplas e trios e que eles tinham o objetivo de lembrar alguns modelos atômicos e sobre o próprio conceito do átomo de Bohr. A seguir, algumas respostas que expõem essa preferência pelo jogo (figura 85).

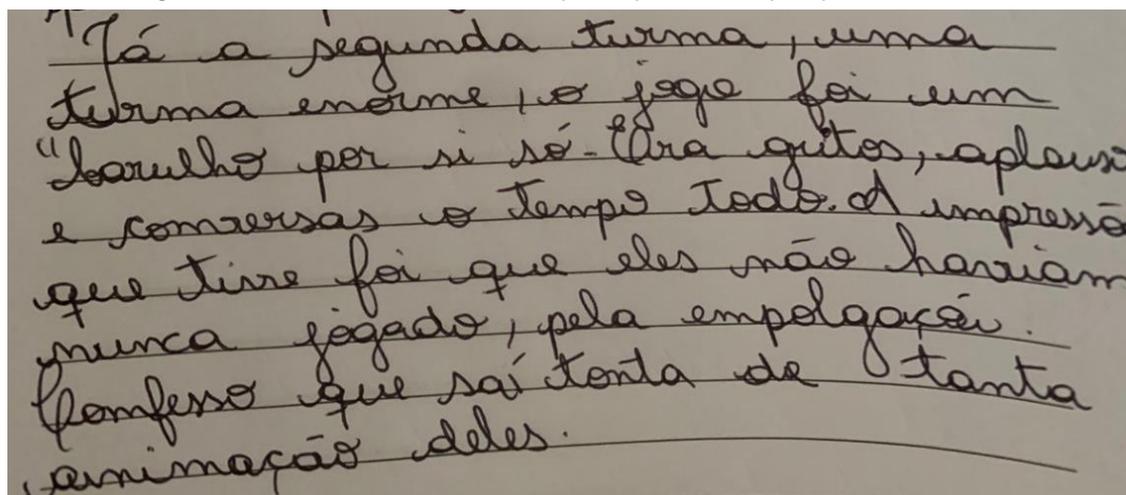
Figura 85 - Algumas respostas do questionário

A maquete , porque eu pesquisei sobre, foi uma maneira divertida pra conversar com os colegas sobre o trabalho e tirar dúvidas.
Kahoot kkkkkk ajudou a decorar melhor
Kahoot , pois foi descontraído e legal de aprender
Kahoot e a maquete
Kahoot , acho que foi o mais útil pois tinha que assimilar mais rápido as informações para acertar e responder no jogo
Slides e os <i>gifs</i>
Os slides e a simulação computacional por conta de que ficou visível o que estava acontecendo e, conseqüentemente, facilitou o aprendizado da gente
Simulação computacional , foi show

Fonte: A autora (2022).

Conforme está expresso no diário de campo da professora-pesquisadora (figura 86), se percebe que foi uma das aulas mais “empolgantes”, de acordo com a atitude deles nas aulas. Talvez, por causa da competição que, naturalmente, um jogo apresenta, essa aula acabou sendo a mais marcante para os alunos, uma aula que ficou no pensamento deles e, conseqüentemente, relacionaram como a aula que mais foi útil para a sua aprendizagem.

Figura 86 – Trecho do diário de campo da professora-pesquisadora



Fonte: a autora (2022).

Logo, os alunos, mesmo diante de distintos recursos semióticos, no momento de responderem sobre o que eles mais “acharam” profícuo para sua aprendizagem, responderam que foi a utilização do jogo educacional *Kahoot*. As demais respostas em escala *Likert* e todas as respostas das três últimas perguntas, na forma dissertativa, podem ser conferidas no Apêndice C.

Obviamente, é sabido que outros gestos foram sendo realizados pelos alunos conforme o que eles estavam imaginando naquele momento (Goldin-Meadow, 2017). No entanto, além de verificar se os gestos utilizados eram condizentes com os que a professora realizou em sala de aula, caracterizando, assim, a herança semiótica, observou-se se esses gestos traziam indícios dos processos de objetivação e de subjetivação por meio dos nós semióticos e da contração semiótica.

Os processos de objetivação e de subjetivação acontecem somente no contexto de uma atividade mediadora, realizada mediante um trabalho em conjunto, que propicie, simultaneamente, o encontro com o saber e a transformação do ser. Sendo assim, mediante os episódios analisados, foi possível perceber a ocorrência desses processos nos alunos.

Quando os alunos trazem evidências por meio de suas falas e de seus gestos sobre a maneira como eles explicariam para um colega sobre o átomo de Bohr, eles estão

expondo que a materialização do saber aconteceu, ou seja, que existem evidências da aprendizagem.

E, por meio do labor conjunto, foi identificado o processo de subjetivação nos alunos e, em especial, na atividade da maquete, momento que instigou os alunos a debaterem, exporem suas ideias, divergirem, entrarem em consenso, refletirem e tomarem decisões em conjunto, isto é, maneiras sociais, culturais e históricas de se relacionarem com os demais, proporcionando, assim, a subjetividade da materialização do ser, modificando-os, tornando-os cidadãos únicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na sala de aula, quando um aluno balança o braço, descontroladamente, quando o professor faz uma pergunta ou quando outro aluno tenta não fazer contato visual com o professor, ambos estão usando seus corpos para dizer ao professor que querem responder à pergunta. Esses movimentos corporais constituem o que, normalmente, é chamado de comunicação não verbal.

Os alunos podem ser encorajados a gesticularem quando explicam um problema. Os gestos que os alunos produzem, provavelmente, demonstrarão sua compreensão da evolução do problema, o que ainda não é evidente em sua fala. Esses gestos podem, então, servir como um diagnóstico que os professores podem usar para descobrir o que os seus alunos sabem e o que eles estão prontos para aprender.

Finalmente, serem encorajados a gesticularem sobre um problema, pode ajudar os alunos a ativarem quaisquer ideias implícitas que tenham sobre esse problema. Essa ativação, por sua vez, pode torná-los mais abertos a novas instruções. Portanto, os gestos não apenas refletem o pensamento, mas, também, têm o potencial de mudar o pensamento de ouvintes e de falantes. O gesto é uma ferramenta que alunos, professores e pesquisadores podem usar para fazer descobertas sobre a mente.

O principal objetivo dos gestos é auxiliar a comunicação. Mas, além de serem importantes para a comunicação, os gestos também têm consequências importantes para o pensamento e para a aprendizagem, para a compreensão da linguagem. Mais do que apenas esclarecer ou melhorar a mensagem de uma aula, pode levar os alunos a compreenderem e a promoverem o desenvolvimento conceitual.

A partir desta pesquisa de doutorado e por meio dos resultados obtidos até o presente momento, foi possível confirmar o que havia sido pesquisado, refletido e debatido na revisão de literatura. Os gestos podem contribuir no processo de ensino-aprendizagem e auxiliar, principalmente, a compreender o que está se passando na mente do aluno e, assim, enxergar situações e detalhes do seu processo de ensino.

Tendo em vista esse contexto dos gestos na sala de aula e a demanda apresentada, esta pesquisa de doutorado buscou responder à seguinte pergunta de

pesquisa: *Os gestos docentes podem gerar em discentes uma herança semiótica durante o processo de ensino em sala de aula?*

E, com o intuito de responder à pergunta referenciada no início deste trabalho, esta pesquisa teve como objetivo geral *“Investigar os gestos produzidos pelos discentes buscando identificar uma possível herança semiótica docente durante o ensino do átomo de Bohr”*.

Após as intervenções didáticas realizadas nas duas turmas pesquisadas, com aulas baseadas em *slides*, no uso de um jogo educacional, na realização de uma maquete sobre o átomo de Bohr e, por fim, na utilização da simulação computacional, obteve-se dados muito relevantes no decorrer das entrevistas. A partir do referencial adotado e dos dados coletados, optou-se em analisar um “pacote semiótico”, isto é, a junção da fala e dos gestos dos alunos a fim de obter as repostas que instigaram este estudo.

A partir do pacote semiótico, observou-se que os gestos foram utilizados em diversos momentos pelos alunos, sempre para explicar algo que eles haviam sido questionados. Os gestos surgiam desde o momento da explicação, tal como em momentos em que os discentes não conseguiam explanar por meio da comunicação verbal o que eles estavam pensando naquele instante.

Outro momento em que surgiram os gestos foi quando eles queriam explanar a movimentação do elétron e do fóton, por exemplo. Tanto o momento em que um elétron salta de uma órbita para outra como quando um fóton era emitido. Além da utilização de gestos quando eles relacionavam com outro recurso semiótico utilizado em sala de aula. O gesto, como representação da lanterna em uma maquete, ou o gesto como representação dos fogos de artifício utilizado nos *slides*.

Por meio da análise, foi possível identificar, dentro desse pacote semiótico, o que já havia sido mencionado por tanto autores na revisão de literatura e no referencial teórico, que os gestos, sendo utilizados com cuidado e com objetivo, podem contribuir no processo de aprendizagem dos alunos. Isto é, podem gerar uma herança semiótica aos discentes.

Assim, os objetivos específicos foram atingidos conforme o andamento da pesquisa. A realização de um experimento didático com duas turmas, no qual a docente

(pesquisadora) utilizou distintos gestos em cada uma delas, com um objetivo proposto, foi alcançado a partir do momento em que, na análise, percebeu-se que os alunos utilizavam os gestos que a docente realizava em sala de aula no decorrer de suas explicações.

Os gestos foram mapeados, conforme o segundo objetivo específico, após a interação social com a docente e com os demais colegas. Esse mapeamento permitiu identificar os gestos e comparar e analisar com os gestos da docente, bem como com os demais discentes da turma. E, dessa forma, atingiu-se o segundo objetivo específico, que buscava levantar quais seriam os gestos idênticos – ou não – dos discentes realizados pela docente.

Logo, foram identificadas as instâncias de herança semiótica para os discentes de cada uma das turmas. Porém, os gestos realizados não eram apenas advindos dos gestos da docente, mas de demais recursos semióticos utilizados em sala de aula ou de objetos externos, como o *emoticon* de um aplicativo de mensagens ou de um desenho animado.

Isto posto, por meio do pacote semiótico analisado, existem evidências de que a aprendizagem, isto é, o resultado dos processos de objetivação, aconteceu. Por meio das interações sociais, culturais e históricas, é oportunizado aos alunos a tomada de consciência dos objetos e a aquisição de habilidades para a resolução de problemas, além de maiores explicações acerca do tema norteador da pesquisa. E, a partir do processo de objetivação, aconteceram os processos de subjetivação.

É importante se discutir algumas limitações do trabalho realizado. Em primeiro lugar, este é um estudo com apenas duas turmas, o que pode ser visto como uma investigação exploratória, e cuidado deve ser tomado na generalização dos resultados. Também é necessário se expandir o escopo de análise para se incluir diversos outros aspectos importantes, como a interação entre os alunos e o professor e o uso de outros recursos semióticos na sala de aula

Um gesto não apenas reflete nossos pensamentos, mas também nosso papel na mudança desses pensamentos. Conhecemos gestos que podem transmitir informações substantivas, de modo que não seja difícil imaginar que poderíamos aprender vendo os

gestos que outras pessoas produzem. Mas, para ter certeza, precisamos manipular o gesto e explorar o impacto dessa manipulação na aprendizagem.

Acredita-se que os gestos docentes podem contribuir, essencialmente, nos processos de objetivação – aprendizagem – entretanto, é importante que pesquisas discorram sobre isso, tendo o olhar atento não apenas para desvendar e utilizar os gestos para compreender a mente dos alunos, mas, também, para desenvolver melhores maneiras dos docentes utilizarem seus gestos em sala de aula.

Elenco, nessa seção final da tese, alguns objetivos que, diante dos resultados obtidos, visam a instigar futuras pesquisas na área, sendo eles:

- Identificar quais conceitos de Física do Ensino Médio podem valer-se da utilização de gestos pelo docente para contribuir no processo de ensino-aprendizagem;
- Analisar os impactos que os gestos docentes podem trazer em uma formação inicial de licenciandos em Ciências;
- Investigar se o uso combinado de diferentes recursos semióticos pode auxiliar – ou não – no processo de ensino-aprendizagem no ensino de Física no Ensino Médio; e
- Explanar sobre a Teoria da Objetivação em cursos de formação inicial e continuada e, principalmente, sobre a ética comunitária no ensino.

Assim, a presente tese expõe que o uso de gestos – recurso semiótico – pode auxiliar no processo de ensino-aprendizagem do ensino do modelo do átomo de Bohr e propiciar aos discentes uma herança semiótica.

Entretanto, vale ressaltar, que outros recursos semióticos – maquetes, jogos educacionais, simulações computacionais e o uso de tecnologias na sala de aula – podem, juntamente, trazer aspectos benéficos no âmbito educacional e no âmbito pessoal dos alunos por meio da ética comunitária.

REFERÊNCIAS

- ABELS, Simone. The role of gestures in a teacher–student-discourse about atoms. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 17, n. 3, p. 618-628, 2016.
- ARZARELLO, Ferdinando. Semiosis as a multimodal process. **Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa Relime**, v. 9, n. Extraordinario 1, p. 267-299, 2006.
- BATISTA, Maria de Fátima Barbosa de Mesquita. A semiótica: caminhar histórico e perspectivas atuais. **Revista de Letras**, Fortaleza, v. 25, n. 1-2, p. 60-68, jan./dez. 2003.
- BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRIZUEÑA, Tânia Mara Dias Gonçalves; VARGAS PLAÇA, Jaqueline Santos; GOBARA, Shirley Takeco. A alienação escolar na perspectiva da teoria da objetivação: um olhar para o Ensino de Ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 28, 2022.
- CHU, Mingyuan; KITA, Sotaro. Co-thought and co-speech gestures are generated by the same action generation process. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition**, v. 42, n. 2, p. 257-270, 2016.
- CORREDOR, Olga Lucía; Leon HERRERA, Adriana Lasprilla. Enfoques necesarios para la reflexión sobre una ética comunitaria en la educación matemática. **PNA**, v. 12, n. 2, p. 81-96, 2018.
- ELIA, Iliada; GAGATSIS, Athanasios; VAN DEN HEUVEL-PANHUIZEN, Marja. The role of gestures in making connections between space and shape aspects and their verbal representations in the early years: findings from a case study. **Mathematics Education Research Journal**, v. 26, n. 4, p. 735-761, 2014.
- ERICKSON, Frederick. **Qualitative Methods in Research on Teaching**. In: WITTROCK, Merlin C. Handbook of Research on Teaching. Ed. New York: MacMillan, p. 119-161, 1986.
- FLOOD, Virginia J. *et al.* Paying attention to gesture when students talk chemistry: Interactional resources for responsive teaching. **Journal of Chemical Education**, v. 92, n. 1, p. 11-22, 2014.
- GARCÍA-UBAQUE, César-Augusto; VERGEL, Rodolfo. Need for Communitarian Ethics in Mathematics Teaching-Learning in Engineering Careers. **Revista Facultad de Ingeniería**, v. 31, n. 60, p. e14311-e14311, 2022.
- GIORDAN, Marcelo; SILVA-NETO, Arcelino Bezerra; AIZAWA, Alexandre. Relações entre gestos e operações epistêmicas mediadas pela representação estrutural em aulas

de química e suas implicações para a produção de significados. **Química nova na escola**, v. 37, p. 82-94, 2015.

GOLDIN-MEADOW, Susan. How gesture works to change our minds. **Trends in neuroscience and education**, v. 3, n. 1, p. 4-6, 2014.

GOLDIN-MEADOW, Susan. From action to abstraction: Gesture as a mechanism of change. **Developmental review**, v. 38, p. 167-184, 2015.

GOLDIN-MEADOW, Susan. Using our hands to change our minds. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science**, v. 8, n. 1-2, p. 1-6, 2017.

HERRERA, Adriana Lasprilla; RADFORD, Luis; CORREDOR, Olga Lucia León. La labor conjunta en actividades de enseñanza-aprendizaje a partir del estudio de los vectores de la ética comunitaria. **REMATEC**, v. 16, n. 39, p. 228-245, 2021.

INEP. **Índice de Desenvolvimento da Educação Básica – IDEB**. EEEM Felipe Camarão. Disponível em: <<http://idebescola.inep.gov.br/ideb/escola/dadosEscola/43143954>>. Acesso em: 12 ago. 2022.

KENDON, Adam. Language and gesture: Unity or duality? *In*: MCNEILL, David. **Language and gesture**, Cambridge: Cambridge University Press, 2000. p. 47-63.

KENDON, Adam. Western interest in gesture from Classical Antiquity to the eighteenth century. *In*: KENDON, A. **Gesture: Visible action as utterance**, Cambridge: Cambridge University Press, 2004. p. 17-42.

MCNEILL, David. **Language and gesture: Window into thought and action**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

MORETTI, Vanessa Dias; PANOSSIAN, Maria Lúcia; RADFORD, Luis. Questões em torno da Teoria da Objetivação. **Revista Obutchénie, Uberlândia**, v. 2, n. 1, p. 230-251, 2018.

MOREY, Bernadete. **Abordagem Semiótica na Teoria da Objetivação**. *In*: GOBARA, Shirley Takeco; RADFORD, Luís (org). *Teoria da Objetivação: Fundamentos e Aplicações para o Ensino e Aprendizagem de Ciências e Matemática*. 1 ed. São Paulo: Livraria da Física, 2020. p. 43-68.

MORO, Luciana *et al.* Influência de um terceiro modo semiótico na gesticulação de uma professora de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 1, p. 9-32, 2015.

MORTIMER, Eduardo. *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, 2014.

OVEROYE, Acacia; STORM, Benjamin. Remembering what was said and done: The activation and facilitation of memory for gesture as a consequence of retrieval. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition**, v. 45, n. 3, p. 526, 2019.

PAGANINI, Paula; JUSTI, Rosária; MOZZER, Nilmara Braga. Mediadores na construção do conhecimento de ciências em atividades de modelagem. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 4, p. 1019-1036, 2014.

PAIVA, Jussara Patrícia Andrade Alves. **A Teoria da Objetivação e o desenvolvimento da Orientação Espacial no Ensino-aprendizagem de Geometria**. 2019. 209f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2019.

PAIVA, Jussara. Patrícia. A. A.; NORONHA, Claudianny Amorim. A articulação de meios semióticos no ensino-aprendizagem da orientação espacial. **Revista colombiana de matemática educativa**, v. 5, p. 107-116, 2020.

PARENTE, Francisco; DOS SANTOS, Antônio Carlos Fontes; TORT, Alexandre. O átomo de Bohr no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, 2014.

PARENTE, Francisco Áureo Guerra. **Uma Proposta ao Ensino do Átomo de Bohr no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.

PEDUZZI, Luiz; BASSO, Andreza. Para o ensino do átomo de Bohr no nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, p. 545-557, 2005.

PEDUZZI, Luiz. **Do átomo grego ao átomo de Bohr**. Publicação interna. Florianópolis: Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015 (revisado em julho de 2019). 205 p. Disponível em: www.evolucaodosconceitosdafisica.ufsc.br

PEIRCE, Charles Sanders. **Semiótica**. São Paulo: Perspectiva, 2015.

PEREIRA, Natana Lopes et al. Boas práticas em ambientes virtuais de ensino e de aprendizagem: uma revisão de forma sistemática na literatura. **Educação em Revista**, v. 35, 2019.

PREFEITURA DE SÃO SEBASTIÃO DO CAÍ. A cidade. [Texto Digital]. 2022. Disponível em: <http://www.saosebastiaodocai.rs.gov.br/site/historia/>. Acesso em: 16 ago. 2022.

RADFORD, Luis; SCHUBRING, Gert; SEEGER, Falk. The ubiquitousness of signs. *In: Semiotics in Mathematics Education: Epistemology, History, Classroom, and Culture*. Netherlands: Sense Publishers, 2008. p. vii-x.

RADFORD, Luís. "No! He starts walking backwards!": interpreting motion graph and the question of space, place and distance. **ZDM Mathematics Education**, v. 41, n. 4, p.467-480, 2009.

RADFORD, Luis. Methodological Aspects of the Theory of Objectification. **Perspectivas da Educação Matemática**, v. 8, n. 18, 18 dez. 2015.

RADFORD, Luis et al. Algunos desafíos encontrados en la elaboración de la teoría de la objetivación. **PNA**, v.12, n. 2, 2018.

RADFORD, Luis. **Un recorrido a través de la teoría de la objetivación**. In: GOBARA, Shirley Takeco; RADFORD, Luís (org). Teoria da Objetivação: Fundamentos e Aplicações para o Ensino e Aprendizagem de Ciências e Matemática. 1 ed. São Paulo: Livraria da Física, 2020. p. 15-42.

RADFORD, Luís. **Teoria da objetivação: uma perspectiva Vygotskiana sobre conhecer e vir a ser no ensino e aprendizagem da matemática** / Luis Radford; tradução de Bernadete B. Morey e Shirley T. Gobara. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2021.

SABENA, Cristina. On the semiotics of gestures. *In: Semiotics in mathematics education: Epistemology, History, Classroom, and Culture*. Netherlands: Sense Publishers, 2008. p. 19-38.

SANTAELLA, Lúcia. **O que é Semiótica**. São Paulo: Brasiliense, 2012.

SCHERR, Rachel. Gesture analysis for physics education researchers. **Physical Review Special Topics-Physics Education Research**, v. 4, n. 1, p. 010101-1-010101-9, 2008.

SILVA, Emílio de Lucena et al. **Fótons como mediadores em processos eletrodinâmicos: Uma proposta de ensino**. 2018. 96f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em ensino de Física). Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Universidade Estadual da Paraíba. Paraíba, 2018.

SILVA, Indianara. Uma nova luz sobre o conceito de fóton: Para além de imagens esquizofrênicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 4, 2015.

SILVA, Luiz Cezar Mendes da; SANTOS, Wilma Machado Soares; DIAS, Penha Maria Cardoso. A carga específica do elétron: um enfoque histórico e experimental. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, 2011.

SILVA, Ronaldo; GOBARA, Shirley Takeco. Atualização de saberes de Física por meio de uma ferramenta cultural: a dança. *In: GOBARA, Shirley Takeco; RADFORD, Luis (org.). Teoria da objetivação: fundamentos e aplicações para o ensino e aprendizagem de ciências e matemática*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2020.

TAO, Ping-Kee; GUNSTONE, Richard. The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 36, n.7, p. 859-882.4, 1999.

TREVISAN, Robson et al. Peeking into students' mental imagery: the Report Aloud technique in Science Education research. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 25, p. 647-664, 2019.

VAN SOMEREN, Maarten; BARNARD, Yvonne; SANDBERG, Jacobijn. The Think Aloud Method: a practical guide to modeling cognitive processes. **Academic Press**, London, 1994.

VARGAS PLAÇA, Jaqueline Santos; GOBARA, Shirley Takeco; RADFORD, Luis. Tecnologia assistiva como artefato cultural tecnológico para aprendizagem de alunos com baixa visão. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 5, n. 1, 2022.

VARGAS PLAÇA, Jaqueline Santos; RADFORD, Luís. A formação de professores para o ensino de ciências na perspectiva na teoria da objetivação. **Interfaces da educação**, v. 12, n. 36, 2021.

VELÁSQUEZ-TORIBIO, Alan Miguel. O modelo atômico de Bohr e o início da mecânica quântica. **Cadernos de Astronomia**, v. 3, n. 1, p. 65-65, 2022.

VYGOTSKY, Lev Semyonovich. **A formação social da mente: o desenvolvimento social da mente**. 4ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

YEO, Amelia et al. Teachers' gestures and students' learning: sometimes "hands off" is better. **Cognitive Research: Principles and Implications**, v. 2, n. 1, p. 2-11, 2017.

ZABALZA, Miguel Angel. **Diários de aula: um contributo para o estudo dos dilemas práticos dos professores**. Porto: Porto Editora, 1994.

APÊNDICES

APÊNDICE A - APRESENTAÇÃO EM SLIDES – ÁTOMO DE BOHR

ÁTOMO DE BOHR

Profª Savana Freitas

EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS

Bola de Biliar
Dalton - 1803

Pudim de leite
Thomson - 1903

Q núcleo da átoma
ma. Jap. descoberto, com: elétrons positivos e negativos, e os elétrons orbitam em um núcleo central.

Q sistema construído
por meio da observação de fenômenos como o efeito fotoelétrico.

Q átomo possui
um núcleo central, constituído de elétrons e prótons.

Rutherford - 1911
Modelo planetário

Bohr - 1913
Modelo do sistema planetário

Qs cometas
da distribuição
química dos átomos

1808 1904 1909 1913

DALTON THOMSON RUTHERFORD BOHR

DALTON

Q modelo atômico de Dalton conhecido como o modelo bola de biliar, possui os seguintes princípios:

- Átomos da mesma substância têm pesos atômicos iguais.
- Átomos não podem ser criados nem destruídos.

THOMSON

ÁTOMO NEUTRO
- NÚCLEO POSITIVO E ELÉTRONS NEGATIVOS
- ÍONIZÁVEL

MODELOS ATÔMICOS

RUTHERFORD

- NÚCLEO DENSO E POSITIVO
- ELÉTRONS ORBITAM O NÚCLEO ATÔMICO
- MODELO PLANETÁRIO

BOHR

- NÍVEIS DE ENERGIA
- ÓRBITAS CIRCULARES
- QUANTIZAÇÃO DE ENERGIA
- MODELO NUCLEAR

Niels Bohr

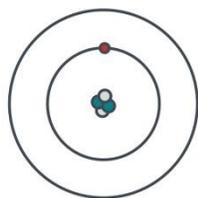
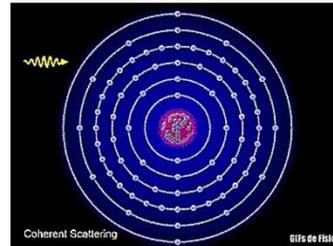
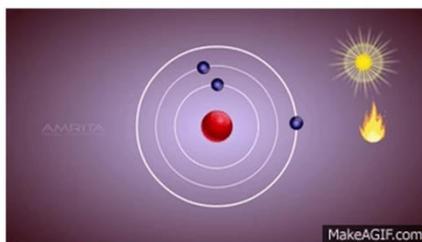


Niels Henrik David Bohr (Copenhague, 7 de outubro de 1885 — Copenhague, 18 de novembro de 1962) foi um físico dinamarquês cujos trabalhos contribuíram decisivamente para a compreensão da estrutura atômica e da física quântica.

Bohr desenvolveu um modelo atômico no qual ele propôs que os níveis de energia dos elétrons são discretos e que os elétrons revolucionam em órbitas estáveis em torno do núcleo atômico, sendo capazes de "saltar" de um nível de energia (ou uma órbita) para outro.

Postulados de Bohr

- 1 Quantização da energia atômica (cada elétron apresenta uma quantidade específica de energia).
- 2 Os elétrons se movem em uma órbita, as quais são chamadas de "estados estacionários". Ao absorver energia, o elétron salta para uma órbita mais distante do núcleo.
- 3 Quando absorve energia, o nível de energia do elétron aumenta saltando para uma camada mais externa. Por outro lado, ele diminui quando o elétron emite energia.
- 4 Os níveis de energia, ou camadas eletrônicas, acomodam um número determinado de elétrons e são designados pelas letras: K, L, M, N, O, P, Q.



professor
olekos

Átomo de Bohr no cotidiano



APÊNDICE B – ROTEIRO – SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL



NOME: _____ CÓDIGO: _____ TURMA: _____ DATA: _____
 PROFESSORA: Savana Freitas

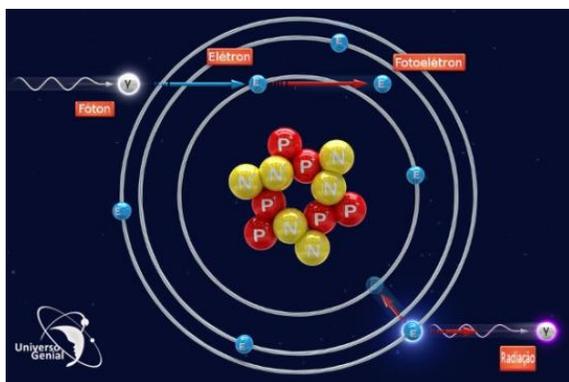
1 - Introdução

Cada substância no universo, rochas, mar, ser humano, os planetas e até mesmo as mais distantes estrelas são inteiramente feitas de partículas minúsculas chamadas *átomos*.

Para entender a complexidade desses átomos, diversos cientistas, como Rutherford, Dalton, Bohr e Thomson, articularam várias teorias. No século XIX, as diferentes leis de combinação e a tabela periódica dos elementos, criada em 1871, reforçaram o estudo da constituição dos átomos.

1.1 – Modelo Atômico de Bohr

No ano de 1913, o dinamarquês especialista em física atômica Niels Bohr (1885-1962) estabeleceu um modelo atômico que é bastante útil para compreender como os átomos emitem e recebem luz/radiação.



Seu modelo estava baseado em dois postulados:

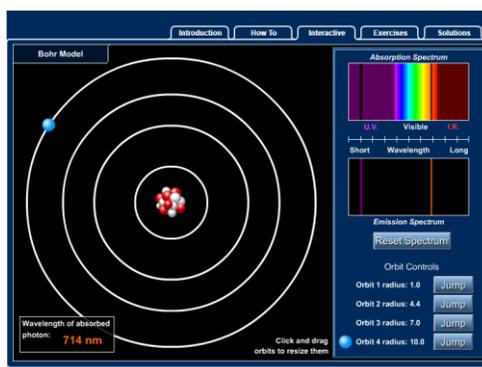
1º - Os elétrons só podem girar ao redor do núcleo em órbitas circulares, essas órbitas são chamadas de órbitas estacionárias e enquanto eles estão nessas órbitas, não emitem energia

2º - O átomo absorve ou emite energia em quantidades definidas, como pequenos “pacotes” de energia que não podem ser fracionados. Estes pacotes

de energia são chamados de quantum. Estes quanta de radiação são os fótons. Assim, um elétron em uma órbita permitida emite energia (um fóton) para ir para outra órbita permitida mais próxima do núcleo. A energia de cada fóton emitido é proporcional ao “salto” que o elétron realiza, se o “salto” for maior, maior a energia do único fóton emitido.

2 - Atividade

Nesta atividade, iremos utilizar um simulador do átomo de Bohr que se encontra no seguinte link: https://maheshkurmi.github.io/flash/bohr_model.html . Por meio dele, poderemos modificar a distância das camadas eletrônicas e controlar a absorção e a emissão de energia. Na figura abaixo, podemos ver a tela da simulação do átomo de Bohr que iremos utilizar na aula de hoje.



Nesta atividade, iremos utilizar a técnica descrita como P.O.E. (Predizer-Observar-Explicar). Esta técnica consiste **em fazer com que você, tente prever o que irá ocorrer antes da simulação e registre**. Em seguida, você efetua a simulação, observando o que acontece e também registra. Finalmente, compara o que você esperava que fosse acontecer com o que foi simulado, tentando explicar diferenças entre o observado e o previsto, caso existam diferenças. Siga esta técnica para aproveitar melhor o resultado do seu trabalho. Não tente simular o comportamento antes de ter refletido sobre o que irá acontecer e ter registrado neste guia a sua previsão. Isto irá apenas fazer com que você não aproveite totalmente os benefícios da atividade didática.

2.1 PRIMEIRA ATIVIDADE

2.1.1 PREVISÃO: Quando o elétron pula de uma órbita pra uma órbita maior, o que vai acontecer?

Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:

2.1.2 OBSERVAÇÃO:

- Abra a simulação do átomo de Bohr através do link: https://maheshkurmi.github.io/flash/bohr_model.html;
- Queremos saber o que acontece quando um elétron passa de uma camada menor para uma maior. Por meio das opções do **Orbit Controls**, selecione uma órbita maior e click em **Jump**;
- Registre o que você observou.

Quando o elétron pulou de uma órbita para uma órbita maior, o que aconteceu? Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:

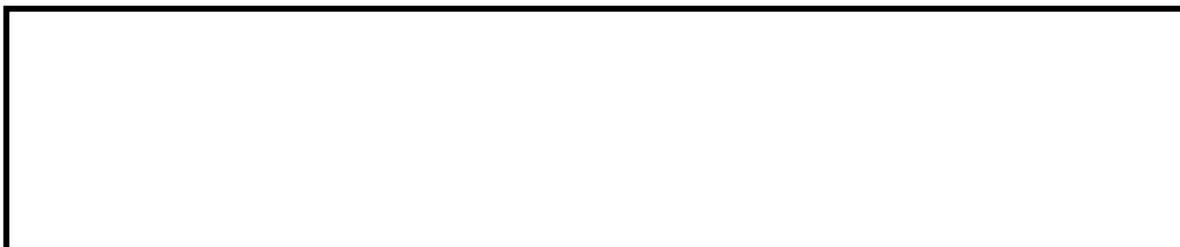


2.1.3 EXPLICAR: Compare a sua resposta da parte 2.1.1 com o que foi observado ao realizar a simulação, parte 2.1.2, e diga se houve alguma diferença. Se houve, qual foi a diferença? Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:



2.2 SEGUNDA ATIVIDADE

2.2.1 PREVISÃO:



Agora, quando o elétron pular de uma órbita maior para uma órbita menor, o que vai acontecer? Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:

2.2.2 OBSERVAÇÃO:

- Continue utilizando a simulação do átomo de Bohr no link: https://maheshkurmi.github.io/flash/bohr_model.html;
- Dessa vez, queremos saber o que acontece quando um elétron passa de uma camada maior para de uma menor. Nas opções do **Orbit Controls**, selecione uma órbita menor e click em **Jump**;
- Registre o que você observou.

Quando o elétron pulou de uma órbita para uma órbita menor, o que aconteceu? Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:

2.2.3 EXPLICAR: Compare a sua resposta da parte 2.2.1 com o que foi observado ao realizar a simulação, parte 2.2.2, e diga se houve alguma diferença. Se houve, qual foi a diferença? Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:

2.3 TERCEIRA ATIVIDADE

2.3.1 PREVISÃO: Quando o elétron pular da segunda órbita para a terceira órbita, o que irá acontecer? E quando pular da segunda para a quarta órbita? Pensando nas cores dos fótons absorvidos ou emitidos, que cor você acha que será em cada situação? Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:

2.3.2 OBSERVAÇÃO:

- Mais uma vez, utilize a simulação do átomo de Bohr no link: https://maheshkurmi.github.io/flash/bohr_model.html. Mas, para podermos observar os espectros, primeiramente, clique em **Reset Spectrum**;
- Agora, além de saber o que acontece com o elétron, queremos saber que cor estará relacionada. Então, por meio das opções do **Orbit Controls**, selecione a segunda órbita e clique em **Jump** para a terceira órbita. Observe o que acontece com o elétron e não esqueça de observar os espectros;
- Registre o que observou;
- Agora, faça o mesmo procedimento, movendo o elétron da segunda órbita para a quarta (e última) órbita;

- Registre novamente o que você observou.

Quando o elétron pulou de uma órbita para uma órbita maior, o que aconteceu?

Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:



2.3.3 EXPLICAR: Compare a sua resposta da parte 2.3.1 com o que foi observado ao realizar a simulação, parte 2.3.2, e diga se houve alguma diferença. Se houve, qual foi a diferença?

Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:



1. Explique, com suas próprias palavras, como se estivesse falando para um colega, o que é o modelo do **átomo de Bohr**. Para tanto, você poderá utilizar desenhos e texto para responder.
2. Explique, com suas próprias palavras, como se estivesse falando para um colega, o que acontece quando um elétron:
 - a) **Salta de uma órbita maior para uma órbita menor;**
 - b) **Salta de uma órbita menor para uma órbita maior;**

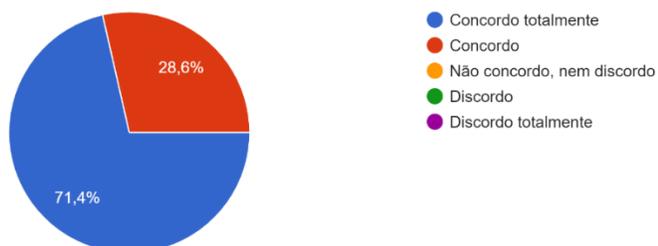
Para tanto, você poderá utilizar desenhos e texto para responder.

3. Imagine que um elétron, em uma órbita bem distante, em um átomo de Bohr, salte para a órbita mais próxima do núcleo. Agora, imagine que em um outro átomo de Bohr, um elétron mais próximo salta também para a órbita mais próxima, um salto bem menor que o anterior. Diga, com suas próprias palavras, como se estivesse explicando para um colega, se existe **diferença na radiação emitida** por estes dois diferentes elétrons devido ao tamanho diferente dos seus saltos.

APÊNDICE C – RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS VIA *GOOGLE FORMS*

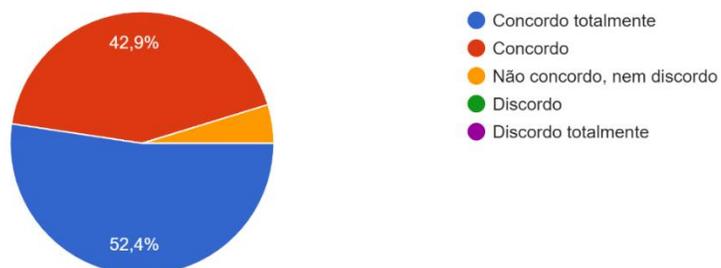
Gostei da disciplina por ter sido diferenciada no ensino (simulação computacional, maquetes, kahoot e slides)

21 respostas



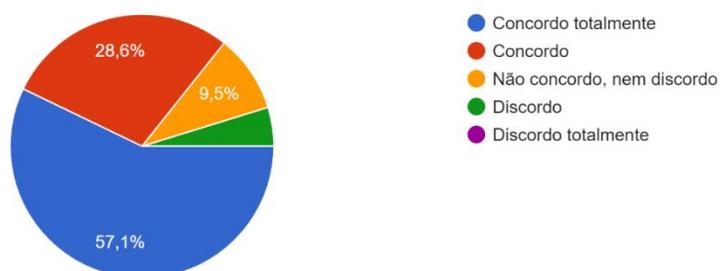
O jogo realizado em aula (kahoot) foi útil para o meu aprendizado.

21 respostas



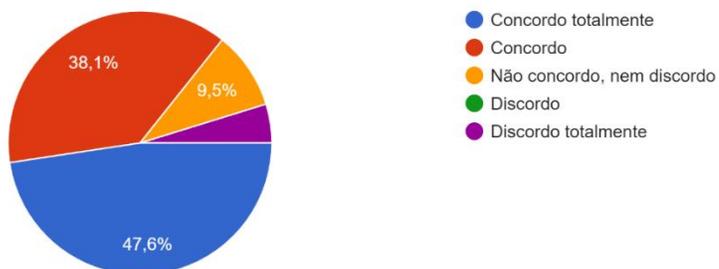
A explicação teórica no quadro e em slides foi útil para minha aprendizagem.

21 respostas



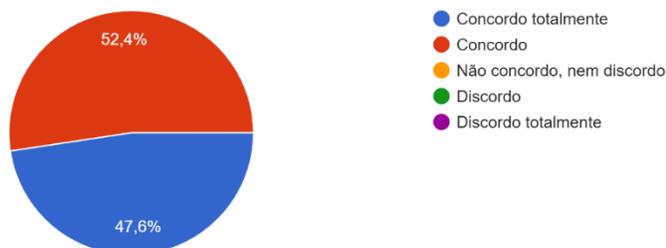
O uso da simulação computacional (celular) foi útil o meu aprendizado."

21 respostas



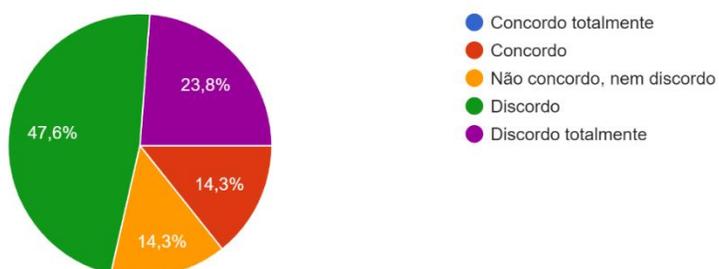
A construção da maquete (cartolina, bolinhas de isopor, tinta e etc.) foi útil para o meu aprendizado

21 respostas



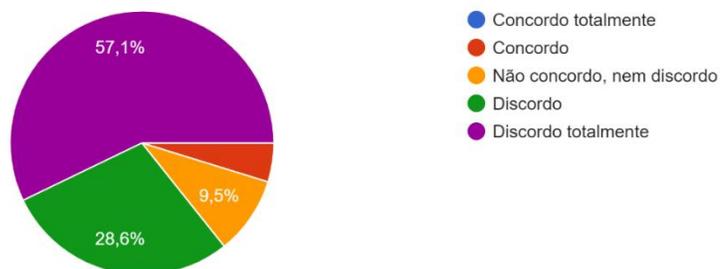
Os conteúdos (Átomo de Bohr) das aulas não despertaram meu interesse

21 respostas



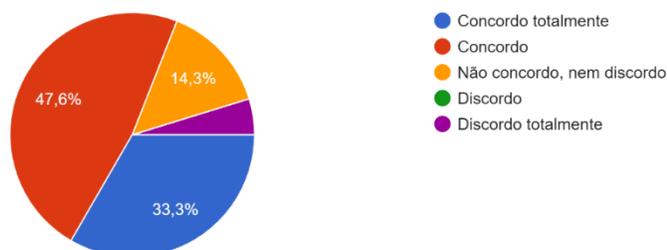
Não gostei do método de ensino

21 respostas



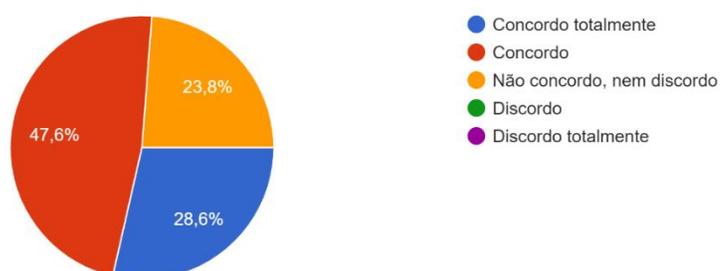
As aulas de Física permitiram que eu assimilasse melhor a teoria, os conceitos, as ideias do Átomo de Bohr.

21 respostas



As aulas me fizeram refletir sobre conceitos bastantes complexos e de difícil assimilação.

21 respostas



RESPOSTAS DOS ALUNOS AO QUESTIONÁRIO VIA *GOOGLE FORMS* EM 2022

PERGUNTA	QUANDO FALAS EM "ÁTOMO DE BOHR", QUAL A IMAGEM QUE VEM NA SUA MENTE?
RESPOSTA 1	Bolinha com eletricidade
RESPOSTA 2	Bolinha de massinha de modelar
RESPOSTA 3	Uma esfera com algumas bolinhas
RESPOSTA 4	Esferas em conjunto
RESPOSTA 5	Vários elétrons como se fosse uma luz de <i>laser</i> rodando em forma circular
RESPOSTA 6	O círculo com as bolinhas
RESPOSTA 7	A imagem que vem na minha mente e dos elétrons distribuído pelas camadas eletrônicas
RESPOSTA 8	Um átomo com uns raios passando no centro
RESPOSTA 9	Um sistema solar composto por átomos
RESPOSTA 10	Elétrons e camadas (níveis de energia)
RESPOSTA 11	Um fóton
RESPOSTA 12	Vem as imagens dos átomos
RESPOSTA 13	Um círculo no qual tem elétrons, nêutrons, prótons circulando por aí
RESPOSTA 14	A primeiramente que me vem à mente é o trabalho da maquete que fizemos com a cartolina, os arames, as bolinhas de isopor e tinta (que por sinal, ficou legal né?!)
RESPOSTA 15	Raiozinhos
RESPOSTA 16	Bolinhas coloridas com os elétrons
RESPOSTA 17	Nossas aulas de Física
RESPOSTA 18	Elétrons e fótons brilhando
RESPOSTA 19	Os elétrons circulando
RESPOSTA 20	Elétrons girando ao redor
RESPOSTA 21	Dos desenhos sobre o átomo de Bohr

RESPOSTAS DOS ALUNOS AO QUESTIONÁRIO VIA *GOOGLE FORMS* EM 2022

PERGUNTA	Você lembra de algum gesto feito em aula pela professora que auxiliou na compreensão (ou na relembração) de algum conceito/termo?
RESPOSTA 1	Sim, os raiozinhos
RESPOSTA 2	Pior que não lembro kkkk
RESPOSTA 3	Não lembro de nenhum
RESPOSTA 4	Voltas com as mãos com relação as órbitas
RESPOSTA 5	Eu me lembro que a sora sempre colocava em <i>slides</i> e explicava devagar, se não explicava de novo e de novo
RESPOSTA 6	Não
RESPOSTA 7	Sim
RESPOSTA 8	Dela na simulação explicando nos grupos
RESPOSTA 9	Gestos feito com as mãos dos elétrons saltando e pulando de uma camada para outra
RESPOSTA 10	Sim, a mão fechada me lembra um pacote de energia e o gesto de imitar uma estrela cadente me lembra um elétron quando quer chegar mais próxima do núcleo
RESPOSTA 11	Sim, um fóton como um raio
RESPOSTA 12	A maquete e o jogo
RESPOSTA 13	Sim, a profe fazia movimentos circulares e repetidos
RESPOSTA 14	Simmmmm, o gesto que a professora simulava o fóton de energia sendo emitido.
RESPOSTA 15	Nenhum
RESPOSTA 16	Sim, dos elétrons saltando para mais próximo do núcleo
RESPOSTA 17	Não lembro exatamente, mas a sora fala muito
RESPOSTA 18	Não me recordo
RESPOSTA 19	Lembro do elétron sendo bem pequenino
RESPOSTA 20	Da sora explicando que o fóton era tipo um raiozinho, muito rápido
RESPOSTA 21	Recordo apenas dos gestos do fóton sendo emitido, rápidos

RESPOSTAS DOS ALUNOS AO QUESTIONÁRIO VIA *GOOGLE FORMS* EM 2022

PERGUNTA	De todos os métodos de ensino (quadro, <i>slides</i>, <i>Kahoot</i>, maquete e simulação computacional), qual deles foi mais útil para o seu aprendizado? Por quê?
RESPOSTA 1	A maquete, porque eu pesquisei sobre, foi uma maneira divertida pra conversar com os colegas sobre o trabalho e tirar dúvidas.
RESPOSTA 2	<i>Kahoot</i> kkkkkk ajudou a decorar melhor
RESPOSTA 3	<i>Kahoot</i> , pois foi descontraído e legal de aprender
RESPOSTA 4	<i>Kahoot</i> e a maquete
RESPOSTA 5	<i>Kahoot</i> , acho que foi o mais útil pois tinha que assimilar mais rápido as informações para acertar e responder no jogo
RESPOSTA 6	<i>Slides</i> e os <i>gifs</i>
RESPOSTA 7	Os <i>slides</i> e a simulação computacional por conta de que ficou visível o que estava acontecendo e, conseqüentemente, facilitou o aprendizado da gente
RESPOSTA 8	Simulação computacional, foi show
RESPOSTA 9	Os que mais me foram úteis foram a maquete com os colegas, a simulação e o <i>Kahoot</i> , pela disputa
RESPOSTA 10	Os <i>slides</i> em primeiro lugar, porque me ajudaram a entender o que era mais ou menos é o <i>kahoot</i>
RESPOSTA 11	<i>Slides</i> , pois estava bem explicado, colorido é fácil compreensão
RESPOSTA 12	Maquete e o jogo, pois foram divertidos e isso ajudou a aprendizagem
RESPOSTA 13	O <i>kahoot</i> , pois instiga o meu instinto de competitividade
RESPOSTA 14	Todos foram extremamente importantes para o meu aprendizado, mas eu realmente consegui entender a matéria com <i>slides</i> divertidos e que me ajudaram muito
RESPOSTA 15	O joguinho que fizemos em aula, foi muito legal a disputa entre os colegas
RESPOSTA 16	Os <i>slides</i> e a sora explicando
RESPOSTA 17	Dos <i>slides</i> com os desenhos e os fogos de artifício
RESPOSTA 18	<i>Kahoot</i> , com certeza, foi emocionante
RESPOSTA 19	Simulação computacional que fizemos em aula com os colegas, nos divertimos muito
RESPOSTA 20	<i>Slides</i> , eram bem coloridos e simples
RESPOSTA 21	O jogo, óbvio

APÊNDICE D - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA									
Título do Projeto: UTILIZANDO A ANÁLISE GESTUAL PARA COMPREENDER A HERANÇA SEMIÓTICA ENTRE DOCENTES E DISCENTES NO ENSINO DO ÁTOMO DE BOHR									
Área do Conhecimento: Ciências e Matemática					Número de participantes: 100				
Curso: Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática					Unidade: Programa de Pós-Graduação de Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM)				
Projeto Multicêntrico	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Nacional	<input type="checkbox"/> Internacional	<input type="checkbox"/> Cooperação Estrangeira	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não		
Patrocinador da pesquisa: pesquisadora									
Instituição onde será realizado: E.E.E.M Afonso Machado Coelho									
Nome dos pesquisadores e colaboradores: Savana dos Anjos Freitas (pesquisadora)									

Você está sendo convidado (a) para participar do projeto de pesquisa acima identificado. O documento abaixo contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos fazendo. Sua colaboração neste estudo será de muita importância para nós, mas, se desistir, a qualquer momento, isso não causará nenhum prejuízo para você.

IDENTIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA			
Nome:		Data de Nasc.:	Sexo:
Nacionalidade:		Estado Civil:	Profissão:
RG:	CPF/MF:	Telefone:	E-mail:
Endereço:			

IDENTIFICAÇÃO DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL		
Nome: Savana dos Anjos Freitas		Telefone: (51) 995514636
Profissão: estudante	Registro no Conselho Nº:	E-mail: savanafreitas_@hotmail.com
Endereço: Av. Farroupilha, 8001 – prédio 14, sala 338, bairro: São José – Canoas.		

Eu, participante da pesquisa, abaixo assinado(a), após receber informações e esclarecimento sobre o projeto de pesquisa, acima identificado, concordo de livre e espontânea vontade em participar como voluntário(a) e estou ciente:

Da justificativa e dos objetivos para realização desta pesquisa.

Acredita-se que essa pesquisa proporcionará aos estudantes a possibilidade de compreenderem um pouco mais sobre Ciência durante as aulas. Tendo como objetivo investigar as imagens mentais e os *drivers* adquiridos e/ou modificados por estudantes do Ensino Fundamental II, após utilizarem distintas mediações sobre matéria e energia, por meio da análise gestual. A presente pesquisa de doutorado trará informações inéditas e relevantes para a área de ensino de Ciências e Matemática. A análise gestual de docentes e discentes vem aumentando no ramo da pesquisa em educação nos últimos anos, mas pouco em nosso país. Portanto, a pesquisa terá caráter inédito e com contribuições relevantes para a área, possibilitando auxiliar docentes e discentes, apresentando metodologias criativas e diferenciadas para o processo de ensino e aprendizagem de conceitos relacionados à ciência.

Do objetivo de minha participação.

A sua participação é de extrema importância para esta pesquisa, pois busca-se investigar se a utilização de gestos e a aplicação de sequências didáticas no ensino de matéria e energia auxiliam na aprendizagem dos estudantes.

Do procedimento para coleta de dados.

A coleta de dados ocorrerá durante a disciplina de Ciências, no 9º ano do Ensino Fundamental, na E.E.E.M Afonso Machado Coelho, com a presença da professora titular. A coleta será realizada mediante observações e anotações da professora/pesquisadora, fotos e filmagem durante as entrevistas, ao final de cada semestre (2020/01, 2020/02 e 2021/1).

Da utilização, armazenamento e descarte das amostras.

Os dados coletados através desta investigação (filmagem, fotos e diário de campo da pesquisadora) serão armazenados pela pesquisadora em seu computador pessoal.

Dos desconfortos e dos riscos.

Embora cientes de que toda e qualquer ação envolve riscos, mesmo que em uma proporção mínima, esta pesquisa submeterá os alunos a uma entrevista, que oferece escassos riscos, como, por exemplo, apenas um desconforto por estarem sendo filmados. Ressalta-se que, a qualquer momento da presente entrevista, os alunos entrevistados poderão abdicar de participar da mesma, a qualquer desconforto por eles sentido.

Dos benefícios.

Participando desta pesquisa, os alunos terão a possibilidade de aprender, de uma maneira diferente do habitual, conceitos importantes sobre ciências. Possibilitando, assim, uma forma de despertar o interesse e a curiosidade dos alunos por essa área de conhecimento. Por meio desta pesquisa, a sociedade e a ciência descobrirão que existem maneiras simples e acessíveis de ensinar ciências para os alunos, por meio dos gestos dos professores e de sequências didáticas, com materiais de fácil acesso. Logo, essa pesquisa irá auxiliar no ensino de matéria e energia para docentes, discentes e comunidade escolar.

Dos métodos alternativos existentes.

Não serão utilizados métodos alternativos.

Da isenção e ressarcimento de despesas.

O participante ficará isento de qualquer despesa e não receberá pagamento pela atividade.

Da forma de acompanhamento e assistência.

O desenvolvimento da pesquisa, com os alunos, é de responsabilidade da pesquisadora, ficando à disposição para possíveis esclarecimentos.

Da liberdade de recusar, desistir ou retirar meu consentimento.

Tenho a liberdade de recusar, desistir ou de interromper a colaboração nesta pesquisa no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação. A minha desistência não causará nenhum prejuízo à minha saúde ou bem-estar físico. Não irá interferir na pesquisa **Análise gestual de docentes e discentes: compreendendo o processo de ensino e aprendizagem por estudantes do ensino fundamental sobre matéria e energia**

Da garantia de sigilo e de privacidade.

Os resultados obtidos durante este estudo serão mantidos em sigilo, mas concordo que sejam divulgados em publicações científicas, desde que meus dados pessoais não sejam mencionados.

Da garantia de esclarecimento e informações a qualquer tempo.

Tenho a garantia de tomar conhecimento e obter informações, a qualquer tempo, dos procedimentos e métodos utilizados neste estudo, bem como dos resultados finais desta pesquisa. Para tanto, poderei consultar o **pesquisador responsável, Savana dos Anjos Freitas**. Em caso de dúvidas não esclarecidas de forma adequada pelo(s) pesquisador(es), de discordância com os procedimentos ou de irregularidades de natureza ética poderei ainda contatar o **Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Ulbra Canoas (RS)**, com endereço na Rua Farroupilha, 8.001 – Prédio 14 – Sala 224, Bairro São José, CEP 92425-900 – telefone (51) 3477-9217, e-mail comitedeetica@ulbra.br.

Declaro que obtive todas as informações necessárias e esclarecimento quanto às dúvidas por mim apresentadas e, por estar de acordo, assino o presente documento em duas vias de igual conteúdo e forma, ficando uma em minha posse.

_____(), ____ de _____ de _____.

Pesquisador Responsável pelo Projeto

Participante da Pesquisa e/ou Responsável

APÊNDICE E - TERMO DE COMPROMISSO PARA UTILIZAÇÃO DE DADOS**TERMO DE COMPROMISSO PARA UTILIZAÇÃO DE DADOS**

**Título do Projeto: UTILIZANDO A ANÁLISE GESTUAL PARA
COMPREENDER A HERANÇA SEMIÓTICA ENTRE DOCENTES E
DISCENTES NO ENSINO DO ÁTOMO DE BOHR**

Os autores do projeto de pesquisa se comprometem a manter o sigilo dos dados coletados referentes aos participantes atendidos no **Escola Estadual de Ensino Médio Felipe Camarão**.

Concordam, igualmente, que estas informações serão utilizadas única e exclusivamente com finalidade científica, preservando-se integralmente o anonimato dos participantes.

Canoas, 11 de outubro de 2019.

Autores do Projeto	
Nome	Assinatura
Savana dos Anjos Freitas	

APÊNDICE F – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (PARA MENORES DE 12 a 18 ANOS - Resolução 466/12)

OBS.: Este Termo de Assentimento do menor de 12 a 18 anos não elimina a necessidade da elaboração de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que deve ser assinado pelo responsável ou representante legal do menor.

Convidamos você, após autorização dos seus pais [ou dos responsáveis legais], para participar como voluntário (a) da pesquisa: UTILIZANDO A ANÁLISE GESTUAL PARA COMPREENDER A HERANÇA SEMIÓTICA ENTRE DOCENTES E DISCENTES NO ENSINO DO ÁTOMO DE BOHR. Esta pesquisa é da responsabilidade da pesquisadora Prof.^a Ma. Savana dos Anjos Freitas, (Av. Farrapos 8001, prédio 14 - sala 338, savanafreitas@hotmail.com, 51) 995514636). Para contato com o pesquisador responsável, inclusive para ligações a cobrar, informa-se que esta pesquisa está sob a orientação do Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto, telefone: 51 981640505, e-mail: agostinho.serrano@ulbra.br.

Este Termo de Consentimento pode conter informações que você não entenda. Caso haja alguma dúvida, pergunte à pessoa que está lhe entrevistando para que esteja bem esclarecido (a) sobre sua participação na pesquisa. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer pagamento para participar. Você será esclarecido(a) sobre qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. Após ler as informações a seguir, caso aceite participar do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é para ser entregue aos seus pais, para guardar, e a outra é do pesquisador responsável. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema se desistir, é um direito seu. Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar um Termo de Consentimento, podendo retirar esse consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

A pesquisa tem como objetivo investigar as imagens mentais e os *drivers* adquiridos e/ou modificados por estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental, após utilizarem distintas mediações sobre matéria e energia, por meio da análise gestual. A coleta de dados será mediante o uso de diário de campo e entrevistas realizadas com os docentes e discentes. A pesquisa começará em março de 2020 e terminará em julho de 2021. As aplicações das atividades ocorrerão semanalmente, durante a disciplina de Ciências, com a presença do professor titular.

RISCOS diretos: Os estudantes e professores podem se sentir desconfortáveis no momento da entrevista por estarem sendo filmados e em alguns momentos em que serão tiradas fotos.

BENEFÍCIOS diretos e indiretos para os voluntários: Os professores terão como benefício a oportunidade de terem um contato mais próximo com a pesquisa e de aprenderem outras maneiras de abordar conteúdos de Ciências. Os alunos terão a chance de conhecer a disciplina de Ciências de uma maneira diferente, por meio de atividades lúdicas, jogos, experimentos e muito mais.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa, as entrevistas, as fotos e o diário de campo ficarão armazenados apenas no computador pessoal, sob a responsabilidade do pesquisador e orientador no endereço

eletrônico (https://drive.google.com/open?id=1d8NStw4KQiIV43uox25F_Xdh5UnboUal), pelo período de, no mínimo, 5 anos. Nem você e nem seus pais [ou responsáveis legais] pagarão nada para você participar desta pesquisa. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação e de seus pais serão assumidas ou ressarcidas pelos pesquisadores. Fica também garantida indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da sua participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial.

Este documento passou pela aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos que está no endereço: **Av. Farroupilha, nº 8.001 – prédio 14, sala 224 – Bairro: São José – Canoas/RS, CEP: 92425-900, Tel.: (51) 3477-9217 – e-mail: comitedeetica@ulbra.br.**

Assinatura do pesquisador (a)

ASSENTIMENTO DO MENOR DE IDADE EM PARTICIPAR COMO VOLUNTÁRIO

Eu, _____, portador (a) do documento de Identidade _____ (se já tiver documento), abaixo assinado, concordo em participar do estudo **Análise gestual de docentes e discentes: compreendendo o processo de ensino e aprendizagem por estudantes do ensino fundamental sobre matéria e energia**, como voluntário (a). Fui informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, sobre o que vai ser feito, assim como dos possíveis riscos e benefícios que podem acontecer com a minha participação. Foi-me garantido que posso desistir de participar a qualquer momento, sem que eu ou meus pais precisemos pagar nada.

Local e data _____

Assinatura do (da) menor: _____

APÊNDICE G – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM, NOME E VOZ



UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL

Recredenciada pela Portaria Ministerial nº 906 de 17/08/2016 – D.O.U. de 18/08/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

PRÓ-REITORIA ACADÊMICA

DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM, NOME E VOZ

Pelo presente instrumento particular de licença de uso de imagem, nome e voz, _____, portador(a) do CPF de nº _____, residente e domiciliado(a) na rua _____, nº _____, na cidade de _____ / __, doravante denominado(a) Licenciante, autoriza a veiculação de sua imagem, nome e voz, gratuitamente por tempo indeterminado, para a pesquisadora Savana dos Anjos Freitas, portador(a) do CPF de nº 019.421.970-47, doravante denominada Licenciada.

Mediante assinatura deste termo, fica a Licenciada autorizada a utilizar a imagem, nome e voz do Licenciante no projeto intitulado **UTILIZANDO A ANÁLISE GESTUAL PARA COMPREENDER A HERANÇA SEMIÓTICA ENTRE DOCENTES E DISCENTES NO ENSINO DO ÁTOMO DE BOHR**, para fins exclusivos de divulgação da Instituição e suas atividades, podendo, para tanto, reproduzi-la ou divulgá-la junto à internet, ensino a distância, jornais e todos os demais meios de comunicação, público ou privado, sem qualquer contraprestação ou onerosidade, comprometendo-se a Licenciante a nada exigir da Licenciada em razão do ora autorizado.

Em nenhuma hipótese poderá a imagem, nome e voz do Licenciante ser utilizada de maneira contrária a moral, bons costumes e ordem pública.

E, por estarem de acordo, as partes assinam o presente instrumento em 02 (duas) vias, de igual teor e forma, para que produza entre si os efeitos legais.

_____, ____ de, _____ de _____.

Licenciante

No caso de menores de 18 (dezoito) anos, o documento, obrigatoriamente, deverá ser assinado pelo Representante Legal.

Representante Legal

Nome: _____

RG: _____ CPF: _____

APÊNDICE H – PUBLICAÇÕES

A presente pesquisa de doutorado findou com as seguintes publicações no decorrer do seu andamento (2019-2023):

1) Artigos aceitos para publicação em periódicos e eventos

- a) FREITAS DONADELLO, Savana dos Anjos; SERRANO DE ANDRADE NETO, Agostinho. A importância dos gestos docentes no processo de ensino e aprendizagem do átomo de Bohr como um recurso semiótico. In: XIV ENPEC: XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2023, Caldas Novas/GO. Anais do XIV ENPEC, 2023.

2) Artigos completos publicados em periódicos

- a) FREITAS DONADELLO, Savana dos Anjos. SERRANO DE ANDRADE NETO, Agostinho. Gestures in the teaching and learning process: a systematic literature review. **Revista Educação em Revista**, v. 39, p. 1-13, 2023.
- b) FREITAS DONADELLO, Savana dos Anjos; DE ANDRADE NETO, Agostinho Serrano. Peirce's Semiotics: Use of Gestures as a Potential Semiotic Resource for Teaching Bohr's Atom Model. **Acta Scientiae**, v. 24, n. 6, p. 432-461, 2022.
- c) FREITAS DONADELLO, Savana dos Anjos; DE ANDRADE NETO, Agostinho Serrano. Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS: uma estratégia didática para o ensino do modelo do átomo de Bohr no ensino fundamental. **REPPE-Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino**, v. 6, n. 2, p. 4-27, 2022.

- d) FREITAS, Savana dos Anjos; SERRANO DE ANDRADE NETO, Agostinho. Um estudo da aprendizagem significativa do modelo do átomo de Bohr com estudantes do ensino fundamental: sequências didáticas sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS. **Revista Valore**, v. 6, p. 1680-1696, 2021.
- e) FREITAS, Savana dos Anjos; SERRANO DE ANDRADE NETO, Agostinho. Análise dos conteúdos de física nos livros didáticos de ciências do nono ano do ensino fundamental aprovados pelo PNLD 2017. **Contexto & Educação**, v. 34, p. 174-188, 2019.
- f) FREITAS, Savana dos Anjos; SERRANO DE ANDRADE NETO, Agostinho. Use of different external mediating mechanisms of the Bohr atom model: Evidence of Meaningful Learning through verbal-gestural analysis in elementary school students. **Revista Acta Scientiae**, v. 21, p. 133-148, 2019.

3) Artigos ou resumos completos publicados em anais de congressos

- a) FREITAS DONADELLO, Savana dos Anjos; SERRANO DE ANDRADE NETO, Agostinho. Um estudo sobre os gestos de docentes e discentes no ensino do átomo de Bohr. In: XXII FÓRUM DE PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, na EXPOULBRA, 2022, Canoas/RS.
- b) FREITAS, Savana dos Anjos; SERRANO DE ANDRADE NETO, Agostinho. A importância dos diferentes níveis de mediações para o ensino do modelo do átomo de Bohr com estudantes do Ensino Fundamental. In: XII ENPEC: XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2019, Natal/RN. Anais do XII ENPEC, 2019.