

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

UM ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DIDÁTICA
DE FERRAMENTAS DE COGNIÇÃO EXTRACEREBRAIS POR
ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL DO MODELO
DO ÁTOMO DE BOHR

SAVANA DOS ANJOS FREITAS



Canoas, 2019

UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL

PRÓ-REITORIA ACADÊMICA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**



SAVANA DOS ANJOS FREITAS

**UM ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DIDÁTICA DE FERRAMENTAS DE COGNIÇÃO
EXTRACEREBRAIS POR ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL DO MODELO
DO ÁTOMO DE BOHR**

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

Orientador: Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto

Canoas, 2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela motivação, inspiração e oportunidades que me foram concedidas.

A meus pais e ao meu mano pelo incentivo, compreensão e por serem exemplos de pessoas para mim.

A meu orientador, Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto, por me apresentar os caminhos da pesquisa em ensino de Ciências.

Ao professor doutor Italo Gabriel Neide e às professoras doutoras Jutta Cornelia Reuwsaat Justo e Leticia Azambuja, membros da banca de Qualificação, por suas contribuições tão pertinentes que foram um fator fundamental em meu trabalho.

À Escola Municipal de Ensino Fundamental João Paulo I e, em especial, a todos os estudantes dos 8º e 9º anos do Ensino Fundamental que aceitaram participar deste projeto.

Ao subprojeto Pibid de Física da Universidade Luterana do Brasil, pela parceria e colaboração e, em especial, ao Pibidiano Gian Michaelson.

Aos colegas do grupo de pesquisa, pelas discussões e contribuições ao longo desses dois anos.

A meus colegas do PPGEICIM: Alexandre Veiga, Alexandre Huff, Carol, Klaus, Greyce, Dani, Marcão, Marina, Isa, Rosane e, principalmente, a Camila, por todo apoio, amizade e partilhas.

A Mari, expresso meu muito obrigada pela parceria, amizade e nossa “dupla dinâmica” nesses dois anos de mestrado.

Aos professores do PPGEICIM, que contribuíram durante toda minha formação.

À CAPES, pelo fomento dessa pesquisa.

Assim, agradeço a todos que, de uma maneira ou de outra, contribuíram em minha caminhada.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

SAVANA DOS ANJOS FREITAS

**UM ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DIDÁTICA DE FERRAMENTAS DE COGNIÇÃO
EXTRACEREBRAIS POR ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL DO MODELO
DO ÁTOMO DE BOHR**

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

Data de aprovação: 15/02/2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto (orientador) - ULBRA

Prof. Dr. Italo Gabriel Neide - UNIVATES

Prof^a. Dra. Jutta Cornelia Reuwsaat Justo - ULBRA

Prof^a. Dra. Letícia Azambuja Lopes – ULBRA

Canoas, 2019.

RESUMO

A presente pesquisa buscou investigar quais são as mediações importantes e de que maneira estas se combinam para o ensino do modelo do átomo de Bohr a estudantes do Ensino Fundamental (EF) de uma escola pública do município de Canoas, RS. Neste intuito, essa pesquisa de caráter qualitativo e que ocorreu no decorrer de 2017 e 2018, teve como objetivo investigar e analisar as imagens mentais e os *drivers* passíveis de serem adquiridos e/ou modificados por estudantes do EF após usarem ferramentas extracerebrais para a aprendizagem de conceitos pertinentes ao estudo do modelo do átomo de Bohr. Uma revisão da literatura embasou a elaboração das atividades e a análise dos dados. Os principais objetivos dessa revisão foram compreender o estado atual do ensino de Física no EF e desvendar as melhores estratégias e metodologias utilizadas para o ensino do modelo do átomo de Bohr a estudantes que ainda não chegaram ao Ensino Médio. O referencial teórico adotado para a leitura e compreensão dos dados compreendeu o uso combinado da Teoria da Mediação Cognitiva (para descobrir quais mediações extracerebrais podem contribuir para a aprendizagem do modelo do átomo de Bohr) e da Teoria da Aprendizagem Significativa (para efetivamente inferir sobre o aprendizado de conceitos científicos pelos estudantes). Além disso, o referencial teórico serviu para a elaboração de uma sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS. Os resultados obtidos incluíram dados coletados em entrevistas conduzidas seguindo o método *Report Aloud* adaptação do método *Think Aloud* e evidenciam que, das quatro mediações utilizadas na pesquisa, a mediação hipercultural se destacou entre os estudantes entrevistados; porém, todas as mediações contribuíram com o estudo de algum conceito específico, e muitas se combinam na aprendizagem do aluno. Assim, os resultados indicam que a Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS foi exitosa. Logo, o ensino do modelo do átomo de Bohr no EF foi adequado, e a mediação hipercultural se sobressaiu sobre as demais mediações utilizadas.

Palavras-chave: Ensino de Física. Ensino Fundamental. Átomo de Bohr. TMC. Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

The present research sought to investigate the main ways to approach the teaching of the Bohr atom model to secondary school (SS) students from a public school in the municipality of Canoas, RS. The purpose of this qualitative research, which took place during 2017 and 2018, was to investigate and analyze the mental images and drivers that can be acquired and / or modified by SS students after using extracerebral tools to learn concepts relevant to the study of the Bohr atom model. A review of the literature involved the elaboration of activities and an analysis of the data. The main objectives of this review were to understand the current state of physics teaching in SS and to unveil the best strategies and methodologies used to teach the Bohr atom model to students who have not yet reached high school. The theoretical framework used to read and understand the data included the combined use of the Theory of Cognitive Mediation (to find out which mediations may contribute to a learning of the Bohr atom model) and the Meaningful Learning Theory (to really infer about concept learning, students by students). In addition, the theoretical framework served to elaborate a didactic sequence from a TCM perspective based on PSTU. The results included data collected in interviews conducted following the Report Aloud method adaptation of the Think Aloud method and show that of the four mediations used in the research, hypercultural mediation stood out among the students interviewed; However, all mediations have contributed to the study of some specific concept, and all combine in student learning. Thus, the results indicate that the didactic sequence from the perspective of TCM based on PSTU was successful. Therefore, the teaching of the Bohr atom model in the SS was adequate, and the hypercultural mediation excelled over the other mediations used.

Keywords: Physics Teaching. Secondary School. Bohr atom. TCM. Meaningful learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de assimilação obliteradora.....	37
Figura 2 - Ilustração sobre a mediação social.....	49
Figura 3 - Ilustração sobre a mediação social utilizando três indivíduos (A, B e C)	49
Figura 4 – As quatro mediações da Teoria da Mediação Cognitiva.....	52
Figura 5 – Mediações conforme a TMC.....	52
Figura 6 - Linha do tempo da evolução dos modelos atômicos	55
Figura 7 - Exemplos de luminescência.....	60
Figura 8 - Representação do átomo de Bohr no livro Física e Química: Ciências.....	61
Figura 9 - Esquema do processo e elaboração da metodologia.....	65
Figura 10 - Frequência dos alunos por mês.....	67
Figura 11 – Esquema sobre as etapas da pesquisa	73
Figura 12 – Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS	78
Figura 13 - Síntese dos resultados da pesquisa	84
Figura 14 - (I) Alunos interagindo com a simulação computacional. (II) Aluno mexendo no modelo psicofísico com LED	89
Figura 15 - Imagem do simulador computacional e do modelo de LED do átomo de Bohr....	91
Figura 16 - (I) Logo da série <i>The Big Bang Theory</i> . (II) A3 apontando para os modelos das mediações que estão expostos ao lado durante a entrevista.	93
Figura 17 - (I) Pibidianos no momento da explicação no quadro branco. (II) Imagem do desenho feito no quadro branco.....	95
Figura 18 - Imagem da representação do modelo do átomo de Bohr em um livro didático	97
Figura 19 - Sequência de imagens do gesto #AB realizado pelo estudante A1	103
Figura 20 - Imagem do gesto #ABE realizado pelo estudante A2	103
Figura 21 - Sequência de imagens do gesto #ABL realizado pelo estudante A4.....	104
Figura 22 - Sequência de imagens do gesto #S' realizado pelo estudante A2	105
Figura 23 - Sequência de imagens do gesto #S'' realizado pelo estudante A2.....	105
Figura 24 - Sequência de imagens do gesto #S''' realizado pelo estudante A2.....	106
Figura 25 - Sequência de imagens do gesto #C realizado pelo estudante A2	106
Figura 26 - Sequência de imagens do gesto #CC realizado pelo estudante A2.....	107
Figura 27 - Sequência de imagens do gesto #C' realizado pelo estudante A4.....	108
Figura 28 - Sequência de imagens do gesto #F realizado pelo estudante A1.....	109
Figura 29 - Sequência de imagens do gesto #F realizado pelo estudante A2.....	109

Figura 30 - Sequência de imagens do gesto #FX realizado pelo estudante A2.....	110
Figura 31 - Imagem do livro didático que A2 se refere.....	110
Figura 32 - Sequência de imagens do gesto #EF realizado pelo estudante A3	111
Figura 33 - Sequência de imagens do gesto #EF realizado pelo estudante A3	112
Figura 34 - Imagem do gesto #EF realizado pelo estudante A3.....	112
Figura 35 - Imagem do diário de bordo dos Pibidianos do dia 26/09/2017	114
Figura 36 - Imagem do diário de bordo dos Pibidianos do dia 10/10/2017	114
Figura 37 - Materiais para a elaboração do modelo do átomo de Bohr. (II) -Alunos ao redor dos materiais para a confecção do modelo do átomo de Bohr.....	115
Figura 38 - (I) Alunos na leitura sobre o átomo de Bohr em livros didáticos. (II) Alunos confeccionando o modelo do átomo de Bohr feito com velcro e cartolina.....	115
Figura 39 - (I) Imagem da simulação computacional Bohr Atom. (II) Alunos na execução do roteiro da simulação computacional.....	116
Figura 40 - (I) Pibidianos explicando como funciona o modelo do átomo de Bohr no quadro. (II) Imagem do quadro com a representação e descrição do átomo de Bohr	117
Figura 41 - (I)Pibidianos e alunos utilizando o <i>app SpectraUPB</i> . (II) Modelo do átomo de Bohr feito com LED	117
Figura 42 - Trecho de 3 avaliações sobre a Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS.....	118
Figura 43 - Trecho de duas avaliações sobre o conteúdo desenvolvido no PIBID pode auxiliar em outras disciplinas.....	119
Figura 44 - Imagens do quadro branco feito pelos Pibidianos para explanação sobre o átomo de Bohr	120
Figura 45 - Imagem do modelo do átomo de Bohr do livro didático dos alunos	121
Figura 46 - Modelo do átomo de Bohr confeccionado com LED	121
Figura 47 - Tela da simulação <i>The Bohr Atom</i>	122
Figura 48 – Gesto #E da estudante A1	126
Figura 49 – Simulação computacional juntamente com o logo da série <i>The Big Bang Theory</i>	127
Figura 50 – Gestos relacionados aos saltos de uma órbita para outra	130
Figura 51 – Gesto #FO do estudante A3	132

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Exemplo da Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS	78
Quadro 2 - Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS: “Do que são feitas as coisas?” ...	79
Quadro 3 - Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada EM UEPS - Construção do modelo do átomo de Bohr (mediação psicofísica)	80
Quadro 4 - Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS - Construção do modelo do átomo de Bohr (mediação psicofísica) e o uso de livros didáticos (mediação cultural).....	81
Quadro 5 - Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS - Simulação Computacional (mediação hipercultural)	81
Quadro 6 - Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS - Átomo de Bohr (mediação social) e utilização do modelo de LED (mediação psicofísica).....	82
Quadro 7 - Trechos com evidências de <i>drivers</i> da mediação psicofísica.....	90
Quadro 8 - Trechos com evidências de <i>drivers</i> da mediação hipercultural.....	90
Quadro 9 - Trechos com evidências de <i>drivers</i> das mediações psicofísica e hipercultural.....	91
Quadro 10 - Trechos com evidências de <i>drivers</i> da mediação cultural.....	93
Quadro 11 - Trechos com evidências de <i>drivers</i> da mediação social.....	93
Quadro 12 - Trechos com evidências de <i>drivers</i> da mediação psicofísica.....	93
Quadro 13 - Trechos com evidências de <i>drivers</i> da mediação psicofísica.....	94
Quadro 14 - Trechos com evidências de <i>drivers</i> da mediação social.....	95
Quadro 15 - Trechos com evidências de <i>drivers</i> da mediação psicofísica.....	96
Quadro 16 - Trechos com evidências de <i>drivers</i> da mediação cultural.....	96
Quadro 17 - Trechos com evidências de <i>drivers</i> da mediação hipercultural	97
Quadro 18 - Trechos com evidências de <i>drivers</i> da mediação social.....	98
Quadro 19 - Trechos com evidências de <i>drivers</i> da mediação hipercultural	99
Quadro 20 - Trechos com evidências de <i>drivers</i> da mediação Psicofísica.....	100
Quadro 21 - Comparação entre as entrevistas de 2017 e 2018.....	126
Quadro 22 – Trechos das entrevistas de 2017 e 2018 sobre a primeira questão	127
Quadro 23 – Trechos advindos da questão dois da entrevista.....	128
Quadro 24 – Comparação entre as entrevistas de 2017 e 2018.....	129
Quadro 25 - Comparação entre as entrevistas de 2017 e 2018.....	129
Quadro 26 - Comparação entre as entrevistas de 2017 e 2018.....	130
Quadro 27 - Comparação entre as entrevistas de 2017 e 2018.....	131
Quadro 28 - Comparação entre as entrevistas de 2017 e 2018.....	131

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Livros didáticos 9º do Ensino Fundamental do PNL D 2017-2019	59
Tabela 2- Cronograma de atividades do subprojeto Pibid de Física 2017 (Fase II).....	73
Tabela 3 - Código e descrição do gesto #AB realizado por A1	103
Tabela 4 - Código e descrição do gesto #ABE.....	104
Tabela 5 - Código e descrição do gesto #ABL.....	104
Tabela 6 - Código e descrição do gesto #S'	105
Tabela 7 - Código e descrição do gesto #S'	105
Tabela 8 - Código e descrição do gesto #S'''	106
Tabela 9 - Código e descrição do gesto #C	107
Tabela 10 - Código e descrição do gesto #CC	107
Tabela 11 - Código e descrição do gesto #C'	108
Tabela 12 - Código e descrição do gesto #F.....	109
Tabela 13 - Código e descrição do gesto #F.....	109
Tabela 14 - Código e descrição do gesto #FX.....	110
Tabela 15 - Código e descrição do gesto #EF	111
Tabela 16 - Código e descrição do gesto #EE	112
Tabela 17 - Código e descrição do gesto #EG	113
Tabela 18 - Código e descrição do gesto #FO.....	132

LISTA DE SIGLAS

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

EF - Ensino Fundamental

FMC - Física Moderna e Contemporânea

IDEB – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

PIBID - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência

PNLD - Programa Nacional do Livro e do Material Didático

POE – *Predict-Observe-Explain*

STEM – *Science, technology, engineering, and mathematics*

TAS - Teoria da Aprendizagem Significativa

TIC - Tecnologias da informação e comunicação

TMC - Teoria da Mediação Cognitiva

UEPS – Unidades de Ensino Potencialmente Significativas

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA	17
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA	18
1.3 OBJETIVOS	19
1.3.1 Objetivo geral.....	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 METODOLOGIA DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1.1 Grupo I - O Átomo de Bohr.....	23
2.1.2 Grupo II - O ensino de Física no EF	25
2.1.3 Grupo III - UEPS.....	26
2.1.4 Grupo IV - Utilização de simulações computacionais para o ensino de Ciências.....	28
2.1.5 Considerações acerca da revisão bibliográfica	29
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	31
3.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E SEUS PRINCIPAIS CONCEITOS ...	31
3.1.1 Condições para a aprendizagem significativa.....	33
3.1.2 Aprendizagem Significativa X Aprendizagem Mecânica	33
3.1.3 Tipos de Aprendizagem Significativa e formas de Aprendizagem Significativa	34
3.1.4 Diferenciação progressiva e reconciliação integradora.....	35
3.1.5 O uso de organizadores prévios.....	36
3.1.6 Assimilação Obliteradora	37
3.2 TEORIA DA MEDIAÇÃO COGNITIVA - TMC	38
3.2.1 Era digital: desafios do novo milênio	38
3.3 FUNDAMENTAÇÃO DA TMC: PIAGET, VERGNAUD, VYGOTSKY E STERNBERG ...	40
3.3.1 A Epistemologia Genética de Jean Piaget e a TMC	40
3.3.2 A Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gérard Vergnaud e a TMC	41
3.3.3 Mediação social e cultural: Vygotsky e a TMC	42
3.3.4 Mecanismos internos de mediação: Sternberg e as TMC.....	43
3.4 TEORIA DA MEDIAÇÃO COGNITIVA E SEUS PRINCIPAIS CONCEITOS	44
3.4.1 Drivers: dispositivos como máquinas virtuais	45
3.5 MEDIAÇÕES: MECANISMOS EXTERNOS E INTERNOS	47
3.5.1 Mediação Psicofísica.....	47

3.5.2	Mediação Social	48
3.5.3	Mediação Cultural.....	50
3.5.4	Mediação Hiper-cultural	51
3.5.5	Relação entre a Teoria da Aprendizagem Significativa e Teoria da Mediação Cognitiva ...	53
4	O ÁTOMO DE BOHR.....	55
4.1	EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS E O MODELO DE BOHR	55
4.2	A PRESENÇA DO ÁTOMO DE BOHR DIANTE DOS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS DO 9º ANO	58
4.3	O ENSINO DO ÁTOMO DE BOHR NO ENSINO FUNDAMENTAL.....	62
5	METODOLOGIA DE PESQUISA E METODOLOGIA DIDÁTICA	64
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	66
5.1.1	Contexto da pesquisa.....	66
5.1.2	Sujeitos da pesquisa.....	67
5.2	METODOLOGIA DE PESQUISA	68
5.2.1	Análise de dados: entrevista com o uso do protocolo <i>Report Aloud</i>	70
5.2.2	Análise gestual descritiva	71
5.3	METODOLOGIA DIDÁTICA	72
5.3.1	Desenvolvimento do projeto.....	72
5.3.2	Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS).....	74
5.3.3	Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS	76
6	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	84
6.1	RESULTADOS DE PESQUISA.....	85
6.2	CATEGORIZAÇÃO	88
6.2.1	Categoria I - Psicofísica + Hiper-cultural.....	89
6.2.2	Categoria II- Social+ Hiper-cultural.....	94
6.2.3	Categoria III-Psicofísica.....	99
6.3	CONSIDERAÇÕES ACERCA DAS TRÊS CATEGORIAS.....	100
6.4	ANÁLISE GESTUAL DESCRITIVA	102
6.4.1	Gestos relacionados ao átomo de Bohr	102
6.4.2	Gestos relacionados ao salto de uma órbita para outra	104
6.4.3	Gestos relacionados a órbita/camada.....	106
6.4.4	Gestos relacionados ao conceito de fóton.....	108
6.4.5	Gestos relacionados a outros conceitos	110

6.5 RESULTADOS REFERENTES À METODOLOGIA DIDÁTICA – SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOB A PERSPECTIVA DA TMC BASEADA EM UEPS.....	113
6.6 RELAÇÃO ENTRE A TMC E TAS COM A PRESENTE PESQUISA.....	120
6.6.1 TMC e a presente pesquisa	120
6.6.2 TAS e a presente pesquisa.....	122
6.7 EVIDÊNCIAS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	124
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	134
REFERÊNCIAS.....	138
APÊNDICES	146
APÊNDICE A - Roteiro do teste.....	147
APÊNDICE B - Roteiro da simulação computacional.....	148
APÊNDICE C - Termo de assentimento livre e esclarecido.....	156
APÊNDICE D - Termo de autorização de uso de imagem, nome e voz.....	157
APÊNDICE E - Termo de consentimento livre e esclarecido.....	158
APÊNDICE F - Termo de compromisso para utilização de dados	160
ANEXOS	161
ANEXO A – Plano de estudos de ciências da E.M.E.F João Paulo I	162

INTRODUÇÃO

No decorrer de minha graduação em Física, tive a oportunidade de desenvolver, durante três anos, juntamente com o subprojeto Pibid da Universidade Luterana do Brasil, atividades com estudantes do sexto ao 9º do Ensino Fundamental (EF) conteúdos relacionados a Ciências e, especial, a Física.

Nesse período foi possível desenvolver vivências com a comunidade escolar e observar como ocorre o ensino de Ciências no EF. Essas vivências serviram de motivo para prosseguir com pesquisas nessa área, buscando primeiramente compreender como ocorre o ensino de Física no EF e encontrar soluções que contribuam nesse esforço.

No EF, conforme o plano de estudos da escola em que foi realizada esta pesquisa, a orientação é para que os conteúdos de Química e Física sejam introduzidos no último ano, abordando, de maneira geral, os principais conceitos das disciplinas. Segundo essas orientações, os conceitos de átomo, matéria e energia devem ser compreendidos durante o estudo da disciplina de Ciências.

O átomo de Bohr é tema de ensino tanto na Química quanto na Física, como comprovam os próprios livros didáticos de Ciências no 9º ano do EF. Em sua maioria, esses livros abordam o conteúdo primeiramente descrevendo a evolução dos modelos atômicos, seguida da explanação sobre modelos e ilustrações. Porém, muitas vezes o tema não chega ser abordado em sala de aula, seja por questão de tempo, seja devido a dificuldades variadas encontradas no último ano do EF.

Muitos obstáculos podem se manifestar no ensino de Física no 9º do EF. Um desses obstáculos são destacados por Melo, Campos e Almeida (2015). Muitos docentes não têm formação nessa área do conhecimento, isto é, não são graduados em Física ou Química, o que tecnicamente não os qualifica para o trabalho com essas disciplinas e gera dificuldades no ensino. A falta de laboratórios também é fator mencionado pelos autores, já que pode afetar negativamente a motivação de professores e alunos para o ensino de Ciências.

Diante do panorama em que se encontra o ensino de Física no EF no Brasil e devido a tantos questionamentos, a presente pesquisa de mestrado teve a finalidade de investigar e analisar as imagens mentais adquiridas ou modificadas por estudantes do EF após terem

utilizado ferramentas extracerebrais¹ para a aprendizagem de conceitos pertinentes ao estudo do modelo do átomo de Bohr. Esta pesquisa escolheu como tema o modelo do átomo de Bohr, porque esse conteúdo pode ser abordado conjuntamente nas disciplinas de Química e Física. Uma vez que a orientação é para que, nesse último ano do EF, essas disciplinas sejam trabalhadas conjuntamente, o Átomo de Bohr possibilita essa iniciativa. Os conceitos expressados nesse modelo atômico podem ser desenvolvidos em ambas as disciplinas, como comprovam alguns livros didáticos de Ciências do 9º ano.

O tema foi explanado utilizando uma sequência didática elaborada pelos professores-pesquisadores desta pesquisa. A sequência didática, intitulada *Sequência didática sob a perspectiva da TMC embasadas em UEPS*, foi proposta após o uso de sete Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), conceito este proposto por Moreira (2011), em momento anterior do subprojeto PIBID de Física. As sequências didáticas elaboradas nesta pesquisa foram baseadas em ferramentas extracerebrais aplicadas durante as atividades propostas, como uma simulação computacional ou a confecção do modelo do átomo de Bohr, por exemplo.

Logo, elaboramos essa pesquisa considerando-se a realidade do ensino de Física no EF e o contexto da comunidade escolar. A pesquisa foi conduzida em parceria com o subprojeto de Física do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (Pibid) da Universidade Luterana do Brasil, em Canoas, RS. O colégio no qual o projeto foi conduzido é a Escola Estadual de Ensino Fundamental João Paulo I, situada em um bairro próximo à Universidade. Os alunos participantes do projeto eram dos 8º e 9º anos do EF. As duas turmas foram escolhidas com base no fato de estarem na reta final do EF, em preparação para o início do Ensino Médio (EM).

Portanto, essa dissertação será apresentada em capítulos. O primeiro capítulo traz a introdução, a justificativa, o problema de pesquisa e os objetivos dela. O segundo capítulo apresenta as obras que nortearam essa pesquisa e a contribuição de cada uma nesse processo. Essa revisão contemplou quatro categorias (Átomo de Bohr, Física no EF, UEPS e Simulação Computacional). O terceiro capítulo descreve o suporte teórico ao trabalho, isto é, a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e a Teoria da Mediação Cognitiva (TMC).

O quarto capítulo traz um breve histórico da evolução dos modelos atômicos e de como o ensino do modelo do átomo de Bohr é apresentado mediante sua presença nos livros didáticos.

¹ Ferramentas extracerebrais é uma expressão advinda da Teoria da Mediação Cognitiva em que o uso de mecanismos extracerebrais (ferramentas extracerebrais) de processamento de informações representam uma vantagem cognitiva se servirem como co-processadores auxiliares do cérebro, mas também em fornecer suporte à interação com o objeto cognoscível.

Além de contemplar sobre o que é esperado que estudantes do EF aprendam sobre o modelo do átomo de Bohr. O quinto capítulo detalha o desenvolvimento da pesquisa, tanto a metodologia didática como a metodologia de pesquisa, trazendo os detalhes de cada aula e os métodos utilizados. Por fim, o sexto capítulo apresenta e discute os resultados obtidos no esforço de esclarecer se a pergunta de pesquisa foi respondida e se os objetivos foram alcançados. Assim, este trabalho busca contribuir com o ensino de Física no EF, auxiliando docentes e discentes nos caminhos do ensino perante a realidade atual do ensino no país.

1.1 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos do EF, a exploração das vivências, saberes, interesses e curiosidades dos estudantes sobre o mundo natural e material permanece fator fundamental no ensino. De acordo com a Base Nacional Comum Curricular – BNCC (2017),

[...] ao longo desse percurso, percebem-se uma ampliação progressiva da capacidade de abstração e da autonomia de ação e de pensamento, em especial nos últimos anos, e o aumento do interesse dos alunos pela vida social e pela busca de uma identidade própria. Essas características possibilitam a eles, em sua **formação científica, explorar aspectos mais complexos das relações consigo mesmos, com os outros, com a natureza, com as tecnologias e com o ambiente**; ter consciência dos valores éticos e políticos envolvidos nessas relações; e, cada vez mais, atuar socialmente com respeito, responsabilidade, solidariedade, cooperação e repúdio à discriminação (BRASIL, 2017, p. 339, grifo nosso).

Ao encontro do que a BNCC alude, é importante que assuntos sejam desenvolvidos e discutidos em sala de aula que façam parte da vida dos alunos. A Física Moderna e Contemporânea (FMC), por exemplo, traz assuntos ainda em discussão na comunidade científica, cujas descobertas podem ser acompanhadas diariamente.

Segundo Ostermann e Cavalcanti (2001, p. 13), o Ensino da FMC “pode ser instigante para os jovens, pois não significa somente estudar o trabalho de cientistas que viveram centenas de anos atrás, mas também assistir cientistas falando na televisão sobre seus experimentos e expectativas para o futuro”. Nesse sentido, um dos assuntos que não são abordados em profundidade em sala de aula no EF é o estudo do modelo do átomo de Bohr, visto que em busca por outras pesquisas apenas foram encontradas pesquisas desenvolvidas sobre este modelo no Ensino Médio (TENFEN; TENFEN, 2016; PRATES JÚNIOR; SIMÕES NETO, 2015; PARENTE; DOS SANTOS; TORT, 2014).

O átomo de Bohr pode contribuir com a explicação de muitos fenômenos observados no cotidiano das pessoas, como luminosos e lâmpadas, teste de chama ou os fogos de artifícios. Em sua pesquisa de mestrado, Silva (2013, p. 158) descreve que muitos alunos acreditam que os fogos de artifício apresentavam cores diferentes devido apenas o uso de corantes, que isso “não está relacionado aos saltos eletrônicos que ocorrem nos metais que compõem esse artefato, mas sim, devido à presença de corantes”.

A fluorescência e fosforescência são outros fenômenos que podem ser discutidos em sala de aula com os alunos abordando exemplos do cotidiano ao trabalhar sobre o átomo de Bohr (SILVA et al., 2014). Em harmonia, Parente, Santos e Tort (2014) afirmam que ao ser desenvolvido sobre o átomo de Bohr nas salas de aula, contribua para que seja uma porta de entrada para o mundo da estrutura interna da matéria para os estudantes, assunto que muitas vezes traz a curiosidade dos alunos.

Portanto, acreditamos na importância de trabalhar o modelo do átomo de Bohr com os alunos, pois ele permite explicar muitos fenômenos que acontecem no entorno dessa parcela da população. Contudo, esse esforço educacional requer o uso de metodologias que contribuam para uma aprendizagem significativa, não mecânica.

Logo, no atual cenário do ensino de Física no EF, acreditamos que esta pesquisa possa revelar maneiras de solucionar as necessidades que vivenciamos, contribuindo com a uma aprendizagem significativa, trazendo significado para a vida dos estudantes acerca do que estudam na escola. Da mesma maneira, vemos que essa pesquisa pode abrir possibilidades para que os alunos conheçam a Física segundo uma perspectiva que suscite o entusiasmo e o interesse pelas Ciências, além de, ser uma oportunidade de desenvolver a Química e a Física juntamente na sala de aula, sem separá-las como acontece normalmente no último ano do EF.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Após ter sido explanada a relevância deste trabalho, passa-se a descrever os procedimentos realizados com o intuito de responder à pergunta de pesquisa. Duas perguntas auxiliares foram formuladas que, combinadas, auxiliaram a responder o questionamento principal.

Dessa forma, a pergunta principal de pesquisa é:

Quais são as mediações utilizadas pelos alunos e como elas se combinam no intuito de possibilitar a aprendizagem significativa do modelo do átomo de Bohr no EF?

Para contribuir com a pergunta principal, deve-se responder a duas perguntas auxiliares:

- Que aspecto/significado do Átomo de Bohr é empregado pelo estudante ao utilizar cada mediação específica?
- Qual a relação entre o tempo de mediação (manipulação/contato) e a aquisição de representações e *drivers*² oriundos da mediação?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Investigar e analisar as imagens mentais e os *drivers* passíveis de serem adquiridos e/ou modificados por estudantes do EF após usarem ferramentas extracerebrais para a aprendizagem significativa de conceitos pertinentes ao estudo do modelo do átomo de Bohr.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar os *drivers* utilizados pelos alunos por meio da linguagem verbal e não verbal (gestual) posterior às entrevistas;
- Verificar as modificações que podem ter ocorrido na estrutura cognitiva dos alunos após o uso das quatro mediações (social, psicofísica, cultural e hipercultural);

² O leitor pode considerar que “*drivers*” são apresentados pela Teoria da Mediação Cognitiva como “máquinas virtuais” internas, armazenando informações através da sua interação com mecanismos externos. Nesse sentido, os *drivers* são acessados pelo cérebro.

- Investigar se o uso de ferramentas de processamento extracerebrais dão suporte para à aprendizagem significativa sobre conceitos de Física e Química no EF;
- Verificar se a Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS é eficaz para o ensino/aprendizagem significativa de conceitos de Física e Química no EF.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica dos temas que nortearam esta dissertação. Primeiramente serão detalhados a metodologia utilizada e os grupos constituídos. Após, os trabalhos selecionados e suas contribuições para a pesquisa são explanados.

2.1 METODOLOGIA DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão buscou trabalhos publicados entre 2008 e junho de 2018 sobre os temas que formam a base dessa pesquisa: *Átomo de Bohr*, *Física no EF*, *Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)* e *Simulações Computacionais*.

A pesquisa por obras foi realizada com consultas nas principais revistas da área do ensino de Ciências, tanto do Brasil como do exterior, incluindo Alexandria, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ciência & Educação, *Computers & Education*, *European Journal of Physics*, Física na Escola, *Journal of Science Teacher Education*, *Physics Teacher*, Investigações em Ensino de Ciências, Revista Brasileira de Ensino de Física, *Revista de Enseñanza de la Física*, Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia e *Science and Education*.

Além dessas revistas, também foram consultadas bases de dados ERIC (*Educational Resources Information Center*), Scielo (*Scientific Electronic Library Online*) e Google Acadêmico.

A pesquisa nessas revistas e nas bases de dados ocorreu por meio de entradas nos títulos e no resumo com os seguintes termos: “átomo de Bohr”, “*bohr atom*”, “Física no Ensino Fundamental”, “*physics in elementary school*”, “UEPS”, “Unidades de Ensino Potencialmente Significativas”, “simulações computacionais” e “*computer simulations*”.

Após o levantamento e a leitura de resumos para identificar objetivos, metodologia e resultados das pesquisas, identificamos 44 artigos científicos, dos quais 18 foram selecionados. Os critérios utilizados para a escolha desses 18 artigos foi a contribuição, relação e proximidade

que essas pesquisas poderiam trazer para a presente pesquisa de mestrado. Os artigos eram selecionados conforme o aporte que poderiam trazer.

Os artigos sobre o Átomo de Bohr foram selecionados por abordarem o conceito do átomo de Bohr, bem como pesquisas desenvolvidas na aplicação em salas de aula. Sobre a Física no EF se buscou artigos que explanassem com melhor clareza a real situação da Física no EF. No grupo das UEPS foram selecionadas pesquisas que já haviam sido utilizadas no ensino de Ciências e que estavam mais próximas de nossa temática. Por fim, quanto ao grupo das simulações computacionais foram selecionados artigos que realizaram atividades com tais situações exibindo seus aspectos positivos e negativos.

Após essa escolha foram compostos quatro grupos com base nos assuntos que orientam esta dissertação: Grupo I, Átomo de Bohr; Grupo II, Física no EF; Grupo III, UEPS; e Grupo IV Simulações Computacionais.

O Grupo I incluiu estudos alusivos ao conceito do átomo de Bohr, trazendo artigos que abordam o conceito tal como pode ser desenvolvido no ensino. O primeiro artigo traz o exemplo da utilização de uma oficina temática para o ensino dos modelos atômicos, o segundo trabalho buscou contribuir com a formação de professores para o ensino do átomo e o terceiro abordou métodos de ensinar o modelo do átomo de Bohr para estudantes do EM. O penúltimo artigo desse grupo retratou o histórico do átomo de Bohr e, por fim, o último trabalho descreveu uma pesquisa sobre o uso de situações-problema para o ensino do átomo de Bohr. Dessa forma, o primeiro grupo contribuiu para uma melhor compreensão do conceito e o desenvolvimento do átomo de Bohr, além de exemplos de como ele pode ser abordado por professores para auxiliar estudantes em seu processo de ensino e aprendizagem no EF.

O Grupo II abordou o ensino da Física no EF e incluiu trabalhos que abordam a questão da formação docente para o ensino de Ciências no EF. O primeiro trabalho discutiu o modo como atuam em sala de aula docentes egressos de uma graduação cuja matriz curricular está voltada para todas as áreas (Química, Física, Biologia). O segundo artigo retratou os efeitos da falta de formação específica ao ensinar algumas disciplinas, nesse caso, as dificuldades encontradas por professores que ministram aulas de Física mas não são graduados nessa licenciatura. O terceiro trabalho foi sobre o uso da metodologia de projetos e as contribuições que ela pode trazer ao ensinar Física no EF. O último artigo discutiu a importância da formação de professores das séries iniciais do EF considerando-se a apresentação da Física aos alunos dessas séries.

O Grupo III incluiu quatro artigos que usaram a UEPS como metodologia didática. Os dois primeiros artigos discutiram temas relacionados à FMC no EF, ao passo que o terceiro

artigo abordou o uso de UEPS com alunos do EF tendo como tema o sistema respiratório. O último artigo retratou o uso da UEPS com ênfase na relevância que o conhecimento prévio do aluno possa ter. Os quatro artigos desse grupo evidenciaram que o uso de UEPS despertou o interesse dos alunos em participar das atividades e sua disposição de aprender.

O grupo IV compreendeu quatro artigos associados ao uso de simulações computacionais para o ensino de Ciências. O primeiro trabalho fez uma revisão bibliográfica sobre o assunto, o segundo enfatizou a importância do uso de simulações e de estas serem trabalhadas em pequenos grupos nas salas de aula. O terceiro demonstrou como os alunos ficam motivados ao utilizar o computador. O último trabalho mostrou que as simulações computacionais favorecem a compreensão dos estudantes, permitindo a observação de partículas impossíveis de serem visualizadas sem o uso de tecnologias. Nesse sentido, essa revisão proporcionou uma contribuição para a formação das atividades que serão propostas aos alunos da presente pesquisa.

2.1.1 Grupo I - O Átomo de Bohr

Silva et al. (2014) apresentam uma oficina temática proposta para 25 alunos do 1º ano do EM de uma escola estadual da cidade de Santa Maria, RS. O intuito dessa pesquisa foi o de investigar a aprendizagem dos conceitos relacionados ao modelo do atômico de Bohr. A metodologia incluiu três momentos pedagógicos: a problematização inicial, a organização do conhecimento e a aplicação do conhecimento. Os resultados evidenciaram que a oficina possibilitou a aprendizagem dos conceitos relacionados ao modelo atômico de Bohr.

Os últimos livros didáticos do Plano Nacional do Ensino Médio trazem tópicos de FMC na Educação Básica. Em seu artigo, Tenfen e Tenfen (2016) buscaram auxiliar professores de Física ou de outras formações, ao apresentarem um breve delineamento histórico sobre o contexto do surgimento do modelo atômico de Bohr. O trabalho mostra detalhes das limitações do modelo elaborado por Bohr, evidenciando a necessidade de explicações advindas da Mecânica Quântica. Enfim, é apresentada uma proposta experimental baseada na construção de um espectroscópio de baixo custo.

De modo relativamente simples, Parente, dos Santos e Tort (2014) apresentam, em seu artigo, maneiras de introduzir o modelo do átomo de Bohr aos alunos do EM. A escolha desse assunto se deu pelo fato de o modelo de Bohr ser uma porta de entrada para o mundo da estrutura

interna da matéria. O artigo apresenta brevemente a história de Niels Bohr e de como chegou ao modelo de Bohr que conhecemos hoje. Ele também detalha o modo como o modelo de Bohr é abordado no Ensino Superior e, assim, o modo como ele poderia ser desenvolvido com estudantes do EM.

Em trabalho anterior, Parente, dos Santos e Tort (2013) revisaram alguns aspectos do modelo de Bohr e sua relevância pedagógica. Aquele artigo discutiu o centenário da publicação por Niels Bohr de um dos mais importantes trabalhos da Física, *On the Constitution of Atoms and Molecules*. O texto traz um histórico sobre o experimento de Rutherford, o modelo de Thomson e o problema da estabilidade, bem como o átomo de Bohr, conforme Bohr. Ao final do artigo, os autores apresentam dois apêndices com detalhes sobre o cálculo do tempo de vida de um átomo clássico e o uso do princípio da correspondência para completar um detalhe importante da abordagem de Bohr.

Com o propósito de analisar como o uso de situações-problema pode auxiliar o processo de ensino e aprendizagem do conteúdo de modelos atômicos no EM, Prates Júnior e Simões Neto (2015) elaboraram duas situações-problema com contextos relacionados aos modelos atômicos. Os dados da pesquisa foram coletados mediante intervenções, questionários *a priori* e *a posteriori* e as soluções proporcionadas às situações-problema pelos grupos de estudantes. Os pesquisadores concluíram que o uso de situações-problema estimulou o raciocínio dos alunos: a primeira situação-problema teve 34% de respostas estimadas como satisfatórias, ao passo que para a segunda situação o valor foi 39%, evidenciando níveis de dificuldade equivalentes.

Em seu artigo Muños (2014) relata os diferentes modelos atômicos elaborados pela comunidade científica que evoluíram para o modelo de Bohr. Nesse trabalho também são apresentados modos alternativos de estabelecer o postulado de quantificação de Bohr. Uma dessas alternativas é o postulado criado pelo autor; a outra é o postulado colocado pela dualidade de partícula de De Broglie e a quantificação de Wilson e Sommerfeld.

Esse primeiro grupo inclui seis artigos cujo tema central o átomo de Bohr, porém com objetivos e metodologias diferentes. Três artigos discutem a metodologia que pode ser utilizada em sala de aula para o ensino do modelo do átomo de Bohr. Os demais artigos versam sobre a importância e a historicidade que o modelo pode contribuir.

Os artigos de Silva et al. (2014), Parente, dos Santos e Tort (2014) e Prates Júnior e Simões Neto (2015) contribuíram na elaboração das aulas da Fase II desta pesquisa. O intuito foi o de desenvolver aulas atrativas aos alunos, e os exemplos mencionados em seus trabalhos guiaram a elaboração das aulas. Os demais três artigos, a saber, Tenfen e Tenfen (2016),

Parente, dos Santos e Tort (2013) e Munoz (2014) auxiliaram nas aulas com relação à história do modelo de Bohr, que foi explanada aos alunos no início da aula para conceituar todo o processo da evolução dos modelos, até chegar ao modelo de Bohr.

2.1.2 Grupo II - O ensino de Física no EF

Magalhães Júnior e Pietrocola (2011) dissertam sobre a formação dos professores que atuam na disciplina de Ciências no EF. Em sua maioria, como salientam os autores, muitos professores têm apenas a formação em Ciências Biológicas, uma vez que são abordados conhecimentos de Química, Física e Biologia no EF. A intenção desse trabalho foi a de investigar como os docentes egressos do curso em Licenciatura Plena em Ciências da Universidade Estadual de Maringá (PR) atuam na educação, já que esse curso, conforme sua matriz curricular, é direcionado para a formação de profissionais com conhecimentos mais amplos em diversas ciências.

A metodologia incluiu entrevistas semiestruturadas com 26 professores. Os autores concluem que os cursos de licenciatura em Ciências deveriam abordar uma formação voltada para o trabalho interdisciplinar. O corpo docente de um curso de licenciatura em Ciências deve incluir uma equipe de profissionais de diversas áreas com foco no ensino de Ciências, o que permitiria preparar os docentes para atuarem na disciplina de Ciências do EF tendo como base conhecimentos químicos, físicos e biológicos.

O artigo de Melo, Campos e Almeida (2015) teve o objetivo de revelar os obstáculos encontrados no ensino de Física e enfrentados por docentes de Ciências com alunos no 9º ano do EF em escolas municipais. Essa pesquisa incluiu entrevistas com professores, as quais permitiram identificar que nenhum professor tinha licenciatura em Física ou Química. Outro fator comprovado é que os professores, por não terem formação na área, acabam priorizando o ensino de mecânica mediante o uso de equações, desvinculando a teoria dos fenômenos naturais. Os resultados obtidos mostraram que os professores sentem dificuldade para ministrar suas aulas, devido à falta de laboratórios e de domínio do conteúdo. Os autores apontam que é importante refletir sobre tais dificuldades no Brasil, pois estas se referem à qualificação dos professores que lecionam a mencionada disciplina nesse nível de ensino.

Mediante narrativa e reflexões sobre o uso da metodologia de ensino por projetos no ensino de Física na educação científica, Massoni, Barp e Dantas (2018) realizam um estudo

com duas turmas do 9º ano do EF em uma escola pública de Porto Alegre, RS. A metodologia foi baseada no ensino por projetos que, conforme os autores, possibilitam uma contribuição para a construção colaborativa, respeitando escolhas e interesses, além de incentivar a pesquisa na escola e fora dela. Os pesquisadores concluíram que a metodologia de projetos mostrou-se uma alternativa viável para introduzir conceitos de Física no EF, mesmo em escolas nas quais os professores do 9º ano não tenham formação específica em Física ou Química.

Pereira et al. (2016) investigaram a inclusão do ensino de Física nos anos iniciais do EF e avaliaram os resultados da introdução de módulos de Física em um programa formativo para professores dos anos iniciais sobre suas práticas docentes. Essa pesquisa teve a participação de 41 docentes e incluiu diferentes metodologias (atividades experimentais, debates e grupos de discussão). Logo após a participação dos professores no programa formativo, os pesquisadores observaram mudanças na prática dos docentes que, a partir da participação da formação, começaram a introduzir o ensino de Ciências/Física em suas aulas. O artigo analisado contribuiu para mostrar a importância de ensinar Física para crianças, sublinhando a relevância e o significado passíveis de serem obtidos em sala de aula ao oferecerem-se programas formativos nas áreas de Ciências.

Em síntese, o Grupo II auxiliou a compreender a realidade atual do ensino de Física no EF. Os dois primeiros artigos afirmam o que vemos nas escolas, isto é, que grande parte dos docentes que ministram aulas no último ano do EF não são graduados nas disciplinas de Física ou Química, pode prejudicar o ensino de Física. Os dois últimos artigos nos ajudaram com exemplos de atividades de Física no EF, um utilizando a metodologia de projetos, um aplicando atividades logo nos anos iniciais da Educação Básica.

2.1.3 Grupo III - UEPS

Em seu artigo, Schittler e Moreira (2016) relatam uma experiência com alunos do 1º ano do EM sobre tópicos de FMC. O objetivo foi investigar se é possível introduzir conceitos fundamentais de FMC no 1º ano do EM e avaliar se a metodologia da UEPS é uma ferramenta útil. A metodologia didática utilizada foi a UEPS, cujo tema específico foi o Laser de Rubi. A metodologia compreendeu uma abordagem qualitativa. Utilizando os critérios propostos na UEPS, a metodologia didática foi considerada efetiva, mostrando que é possível inserir tópicos

de FMC no primeiro ano do EM e que, apesar da falta de evidências claras sobre aprendizagem significativa, foi possível aumentar a disposição de aprender Física.

Por meio da análise de mapas livres e conceituais, Calheiro e Garcia (2014) apresentam em seu artigo a avaliação de uma UEPS aplicada em uma turma do 3º ano do EM de uma escola pública do RS. O uso da UEPS permitiu desenvolver tópicos associados com carga elétrica, modelos atômicos, partículas elementares, quantização e processos de eletrização. Com o objetivo de aumentar o interesse dos alunos na FMC, os autores desse trabalho, assim como no artigo anterior, elaboraram essa sequência didática com a integração de tópicos de Física de Partículas ao conceito de Carga Elétrica. A análise dos resultados dessa pesquisa baseou-se na avaliação da construção do conhecimento durante o desenvolvimento da UEPS. Os autores concluíram que a utilização da UEPS contribuiu para o interesse dos alunos, e que os resultados foram satisfatórios para a aprendizagem.

Tendo a intenção de motivar seus alunos a aprender e em busca de uma melhor qualificação do processo de ensino e aprendizagem em Ciências, os pesquisadores Rosa, Cavalcanti e Perez (2016) desenvolveram e avaliaram uma UEPS para o tema “sistema respiratório” para alunos do final do EF. Ao final da pesquisa os autores concluem que a metodologia empregada é satisfatória e ajuda os alunos a aprenderem significativamente, sem memorização. O artigo expôs a viabilidade do uso de UEPS para o ensino de Ciências no EF e a potencialidade para uma maior participação dos alunos no transcorrer da aula.

Coelho et al. (2017) trabalharam conceitos de óptica geométrica aplicados a espelhos esféricos utilizando UEPS. Partindo dos conhecimentos prévios dos alunos, que foram identificados utilizando-se tecnologias, os pesquisadores elaboraram situações-problema e objetos concretos para direcionar a aprendizagem de conceitos básicos do assunto escolhido. A escolha desse tema se deu com base na dificuldade que muitos professores enfrentam para desenvolver o assunto em suas aulas. A UEPS foi desenvolvida de acordo com o trabalho de Moreira (2011), sendo modificada de acordo com as necessidades e experiências dos pesquisadores. Esse artigo vem ao encontro dos demais artigos incluídos no grupo, trazendo evidências de como a UEPS proporciona o interesse de aprender e aprender Ciências aos alunos. Estes demonstraram compromisso e engajamento nas atividades propostas e ficaram mais motivados em razão de poderem utilizar o celular durante as aulas, o que é proibido em muitas escolas.

A colaboração dos estudos incluídos no Grupo III esclareceu a metodologia didática que iremos aplicar. Os quatro trabalhos descritos apontam aspectos positivos e modificações que podem ser realizadas no uso das UEPS na sala de aula. Essas pesquisas demonstram a

contribuição positiva das UEPS e o modo como elas podem auxiliar o ensino, para que os alunos tenham engajamento, interesse e entusiasmo pela Ciência.

2.1.4 Grupo IV - Utilização de simulações computacionais para o ensino de Ciências

Em seu artigo, Rutten, Joolingen e van der Veen (2012) apresentam uma análise sobre uma pesquisa experimental realizada na última década sobre a aprendizagem que pode ocorrer após o uso de simulações computacionais. Esse trabalho foi orientado com base em duas questões: “Como o uso de simulações computacionais pode melhorar a educação tradicional?” e “Como as simulações computacionais são mais bem usadas para melhorar os processos e resultados de aprendizagem?” Os pesquisadores concluíram que o uso de simulações computacionais como substituição ou melhoria no ensino pode servir de suporte instrucional ao ensino de Ciências. Embasados em literaturas revisada nesse artigo, os pesquisadores concluem que as simulações computacionais podem melhorar o ensino dito tradicional, especialmente no que diz respeito às atividades laboratoriais.

Uma das contribuições observadas das simulações computacionais diz respeito à visualização de conceitos abstratos como fótons, elétrons e linhas de campo, por exemplo. Arantes, Miranda e Studart (2010) apontam quatro estratégias para o uso de simulações. A primeira seria o uso das simulações como demonstrações em aulas expositivas. Já a segunda estratégia prescreve o uso de simulações em pares, com um roteiro estruturado. A terceira estratégia sugere que o aluno use a simulação como tema de casa. A quarta estratégia indica que, se for possível, o laboratório da escola deve ser utilizado; mas sabe-se que muitas escolas brasileiras não possuem laboratórios adequados à realidade de atividades experimentais. Dessa forma, esse artigo demonstra como é possível trabalhar com simulações computacionais para o ensino de Ciências e, em especial, para contribuir para a melhor visualização de fenômenos que não são perceptíveis sem o auxílio da tecnologia.

Stephens e Clement (2015) desenvolvem um trabalho sobre a interação entre alunos e simulações computacionais com a mediação do professor em sala de aula. Os autores utilizaram duas sequências de aulas, uma com 11, uma com oito lições de Física. Aproximadamente metade das seções usaram as simulações com um grupo pequeno de alunos, e seções combinadas as usaram com toda a turma. Os autores desenvolveram sua pesquisa como estudos

de caso da atividade do aluno e do professor durante as discussões em sala de aula em uma das sequências definidas. Os professores entrevistados afirmaram que as simulações computacionais são mais eficazes quando utilizadas em pequenos grupos.

Em seu artigo, Mendes, Rehfeldt e Neide (2017) apresentam uma prática realizada com estudantes do primeiro ano de um curso técnico em informática de uma cidade do estado do Amapá. O tema escolhido foi conceitos de Cinemática Escalar, e a simulação computacional utilizada foi o *software* Modellus. Os resultados obtidos pelos pesquisadores mostram que a interação a simulação despertou a predisposição de aprender. Além disso, os autores enfatizam que foi notável a satisfação dos estudantes ao usarem recursos tecnológicos durante a aula de Física.

2.1.5 Considerações acerca da revisão bibliográfica

O Grupo I auxiliou a presente pesquisa no sentido de esclarecer como o modelo do átomo de Bohr pode ser trabalhado com os estudantes. Os artigos desse grupo foram a base para a elaboração das atividades ao longo da pesquisa, pois foram utilizados como objeto de consulta e inspiração para a construção do projeto.

O Grupo II foi essencial para compreender o verdadeiro contexto em que a Física é desenvolvida no EF. Os trabalhos permitiram visualizar as dificuldades encontradas pelos professores ao ministrarem aulas de Ciências no último ano do EF. Esse grupo de publicações traz trabalhos sobre assuntos relacionados à Física em diferentes anos do EF, afirmando a importância e a possibilidade de se desenvolver a Física já nas séries iniciais.

O grupo III confirmou a eficácia das UEPS, afirmando que a aplicação dessa sequência didática despertou o interesse dos estudantes na aprendizagem significativa. Os quatro artigos trazem diferentes temas e público-alvo distintos, mas todos confirmam a efetividade das UEPS no ensino de Ciências.

O grupo IV contribuiu para a elaboração de uma aula unicamente com o uso da simulação computacional. De acordo com o que foi relatado nas pesquisas consultadas, foi possível identificar que o uso de simulações computacionais possibilita desenvolver aulas nas quais o professor é um mediador no ensino, ao facilitar uma maior interação entre o aluno e sua própria aprendizagem. Os artigos mostram que o uso adequado de simulações e no contexto da escola permite alcançar esses objetivos.

Portanto, a revisão bibliográfica contribuiu, primeiramente, com uma melhor percepção sobre o modo como a Física está sendo trabalhada no EF e as suas potencialidades e dificuldades encontradas. Logo, foi possível identificar maneiras de desenvolver o tema escolhido nessa pesquisa para a elaboração das atividades, visto que as pesquisas consultadas nessa revisão bibliográfica colaboraram com exemplos realizados em outros contextos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo traz as duas teorias que são a fundamentação teórica dessa pesquisa. A primeira teoria que será explanada é a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel. Em um primeiro momento do capítulo, os principais conceitos e princípios da TAS são abordados, os quais não serão apenas referenciados pelas obras de Ausubel, tal como será abordado por demais autores que utilizam a TAS em suas pesquisas atualmente.

A Aprendizagem Significativa será abordada em diferentes subseções para melhor compreensão e organização. Após essa teoria ser desenvolvida brevemente, será abordada a sua relação com a presente pesquisa, identificando a interação entre a TAS e o projeto de pesquisa.

A segunda teoria que será abordada, seguindo a mesma estrutura da TAS, é a Teoria da Mediação Cognitiva (TMC). A TMC foi escolhida por trazer a abordagem de quatro mediações (social, cultural, psicofísica e hipercultural). Utilizamos cada uma dessas mediações em um determinado momento da sequência didática elaborada.

3.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E SEUS PRINCIPAIS CONCEITOS

A TAS surgiu a partir dos estudos do psiquiatra David Ausubel (1918-2008) durante a década de 60. Ausubel dedicou-se a compreender a psicologia educacional, posteriormente essa teoria foi recebendo contribuições de Donald Novak, Donald Bob Gowin e Marco Antônio Moreira. O objetivo era explicar a forma na qual o aluno aprende com significado (RIBEIRO et al., 2018).

Ausubel acredita que a aprendizagem significativa é primordialmente cognitivista, resultado do armazenamento de informações na mente do aluno de maneira organizada. A interação entre o material e a estrutura cognitiva de quem está aprendendo viabiliza uma modificação definitiva (WOLFF, 2015).

A TAS toma como base o conhecimento prévio do aluno como o ponto principal para uma aprendizagem significativa. Em uma de suas obras sobre a psicologia educacional, David Ausubel traz a seguinte abordagem logo nas primeiras páginas de seu livro.

Se eu tivesse que reduzir toda psicologia educacional a um único princípio, diria isto: O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é **aquilo que o aprendiz já conhece**. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, grifo nosso).

A TAS considera que a estrutura cognitiva do estudante é chamada de *subsunçor*, palavra de origem de língua inglesa *subsumir*, a qual foi adaptada para a língua portuguesa. Em linhas gerais, *subsunçor* pode ser traduzido literalmente como “facilitador” ou “inseridor”. É possível dizer que uma aprendizagem significativa ocorre quando um novo conhecimento é capaz de se “ancorar” nesses *subsunçores*, os quais já estão na estrutura cognitiva do estudante. A aprendizagem significativa se sucede quando a nova informação ancora-se aos subsunçores do estudante (SCHITTLER; MOREIRA, 2016).

Darroz e Santos (2013) retratam a necessidade de trabalhar com o conhecimento prévio, pois será a existência deste que poderá resgatar novos conhecimentos. Os autores ainda retratam que os alunos confrontavam os conhecimentos iniciais com os novos conceitos apresentados. Com isso, esse conhecimento prévio é redimensionado como novo conhecimento.

Os conhecimentos que acompanham os alunos na sala de aula são essenciais no decorrer de sua aprendizagem, pois os conhecimentos que trazem consigo podem ser relacionados e incorporados ao conhecimento existente. Esses saberes gerarão significados, seja o conhecimento que já existe, seja o conhecimento que será assimilado (LINO; FUSINATO, 2011).

A ideia principal apontada na aprendizagem significativa é a da reorganização que ocorre na estrutura cognitiva do aprendiz. Dito de outro modo, é um “processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante na estrutura do conhecimento do estudante” (BRUM; SILVA, 2014, p. 107). A aprendizagem significativa é o processo no qual uma informação nova interage de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária com os subsunçores na estrutura cognitiva do aluno. Após esse processo, a nova informação é ancorada em conceitos ou em proposições relevantes já presentes na estrutura cognitiva.

Considera-se que a aprendizagem deve ocorrer a partir da relação não literal e não arbitrária entre o conhecimento prévio e o conhecimento a aprender (OLIVEIRA; COSTA, 2018). As interações não devem ser literais, isto é, a assimilação não deve acontecer ao *pé da letra*. No instante em que a assimilação ocorrer, o novo conhecimento irá conquistar determinados significados, os quais poderão ser de dois tipos: significados denotativos e significados conotativos. Os significados denotativos são concedidos nas circunstâncias de

determinadas disciplinas ou áreas do conhecimento; já os significados conotativos seriam do próprio sujeito, isto é, aspectos pessoais do indivíduo (LINO; FUSINATO, 2011).

3.1.1 Condições para a aprendizagem significativa

David Ausubel (1980) traz em sua obra que, para ocorrer uma aprendizagem significativa, são necessárias duas condições. A primeira exige que o material a ser utilizado na aula seja *potencialmente* significativo; a segunda determina que o aluno tenha disposição em aprender.

De acordo com Kiefer e Pilatti (2014), é imprescindível que o material utilizado seja potencialmente significativo. É dessa forma que ele poderá estabelecer ligações das novas ideias com as ideias ancoradas, já que o material instrucional corresponde aos fatores externos à aprendizagem.

A segunda condição para que o aluno possa adquirir uma aprendizagem significativa é que o aprendiz manifeste disposição de aprender, isto é, que ele tenha interesse em relacionar o novo material de maneira substantiva, não arbitrária, na estrutura cognitiva. O aluno deve querer relacionar o novo conhecimento a seu conhecimento prévio (MASSONI; BARP; DANTAS, 2018).

3.1.2 Aprendizagem Significativa X Aprendizagem Mecânica

O ensino de Física é tipicamente ministrado com o uso de expressões matemáticas, leis, princípios e conceitos isolados. Conseqüentemente, o ensino acontece de maneira mecânica e desvinculada do cotidiano do estudante. Ele se dá apenas a partir da memorização de equações e conceitos, induzindo à aprendizagem mecânica (ANJOS; SAHELICES; MOREIRA, 2017).

Conforme Rosa, Cavalcanti e Perez (2016), os conteúdos de Ciências são ensinados via transmissão e memorização de conhecimentos. Em muitos casos isso não leva ao principal objetivo: a aprendizagem significativa da disciplina de Ciências.

Ausubel elaborou a TAS em contraposição ao que ele percebia ser a maneira como se dá o ensino mediante aprendizagem mecânica (SOUZA; MELLO, 2016). A aprendizagem mecânica é caracterizada como aquela que ocorre de forma a não se relacionar com algum conhecimento existente na estrutura cognitiva do estudante; isto é, ela é assimilada de maneira isolada.

Esse tipo de aprendizagem (mecânica) carece de flexibilidade na utilização do conceito assimilado. Além disso, a durabilidade é de curto prazo. Por exemplo, o aprendiz irá memorizar conteúdos para a realização de um teste, mas logo os esquecerá. Ele não logrou aprendizagem significativa, já que não relaciona o novo conhecimento com o seu conhecimento prévio, o que indica aprendizagem mecânica (KIEFER; PILATTI, 2014).

3.1.3 Tipos de Aprendizagem Significativa e formas de Aprendizagem Significativa

A TAS se divide em três tipos: representacional, de conceitos e proposicional. A aprendizagem representacional é essencialmente uma associação simbólica primária, a qual atribui significados a símbolos, como, por exemplo, valores sonoros vocais a caracteres linguísticos. Conforme Nogueira e Leal (2015), ao viver determinadas experiências com o ambiente, o ser humano acaba percebendo que diferentes nomes são atribuídos a determinados objetos.

Subsequentemente à aprendizagem dos símbolos, o ser humano começa a dar significado a esses símbolos, dando voz à aprendizagem de proposições. De acordo com Moreira (2016), “não se trata de estabelecer equivalências representativas, mas sim de captar o significado de ideias expressas em forma de proposições”.

Na aprendizagem proposicional, opostamente a à aprendizagem representacional, o objetivo não é de aprender significativamente o que palavras isoladas ou combinadas representam, mas, sim, em aprender o significado de ideias na maneira de proposição. Isto é, é aprender o significado que está além da soma dos significados das palavras ou conceitos que compõem a proposição (MOREIRA, 2015).

A aprendizagem de conceitos é uma extensão da aprendizagem representacional. Porém, ela ocorre em nível mais abrangente e abstrato, como na aquisição do significado de uma palavra, por exemplo. Quando uma pessoa tem o conceito de mesa, o símbolo mesa

representa para ela uma infinidade de objetos (não apenas como um na aprendizagem representacional), mas podendo ter alguns atributos, propriedades, características comuns (MOREIRA, 2003).

As formas nas quais uma aprendizagem significativa se manifesta são três: subordinada, superordenada e combinatória. A primeira acontece quando um conceito é *subsumido*, ancorando-se em um conceito que é mais generalizador da estrutura cognitiva do aprendiz. A segunda forma de aprendizagem significativa ocorre no momento em que o novo conceito reestrutura conceitos que já existem por serem mais gerais, abrangentes. Já a aprendizagem significativa combinatória ocorre quando conceitos novos se relacionam com uma parte da estrutura cognitiva como um todo, usando vários conceitos, sem se subordinar ou superordenar outros conceitos.

3.1.4 Diferenciação progressiva e reconciliação integradora

Ausubel traz em sua teoria que a aprendizagem pode ser promovida por meio da *diferenciação progressiva* ou da *reconciliação integradora*. A diferenciação progressiva seria o processo que atribui novos significados a determinado subsunçor, assim levando à utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos. A reconciliação integradora é um processo no qual existe uma dinâmica da estrutura cognitiva, que se embasa em eliminar “diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações” (MOREIRA, 2012, p. 6).

Na pesquisa de Moro, Neide e Rehfeldt (2016), na qual tinha-se como objetivo compreender como o uso de simulações vinculadas a atividades experimentais poderia auxiliar na aprendizagem significativa, mapas conceituais foram usados para descobrir se a aprendizagem significativa ocorreu. A partir dos mapas elaborados foi possível perceber os indícios da diferenciação e da reconciliação integradora, sobretudo quando os estudantes relacionavam as simulações e experimentos com outras situações que mostravam os mesmos fenômenos estudados no cotidiano. Mediante a Aprendizagem Significativa é possível diferenciar progressivamente os novos conhecimentos adquiridos, percebendo suas diferenças. Além disso, ela permite atuar na reconciliação integradora.

Logo, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são processos da estrutura cognitiva do indivíduo nos quais a diferenciação progressiva começa por assuntos

mais gerais e se diferencia com o passar do tempo, até chegar a conceitos mais específicos. A reconciliação integradora associa os conceitos que foram expostos com situações antecedentes (OLIVEIRA; COSTA, 2018).

3.1.5 O uso de organizadores prévios

Organizadores prévios permitem que o indivíduo estabeleça correlações lógicas no material instrucional, retratando relações nítidas entre o novo conhecimento e os subsunçores existentes. Eles também podem servir como âncora para o processo de ensino e aprendizagem, já que auxiliam no desenvolvimento de conceitos subsunçores (CARDOSO; DISCKMAN, 2012).

Os organizadores prévios podem ser apresentados como uma situação-problema, uma pergunta, um vídeo, uma imagem introdutória, por exemplo, ou algo que colabore na apresentação do assunto. Existem inúmeras possibilidades para introduzir e promover a relação entre o novo conhecimento e os subsunçores e utilizá-los como organizadores prévios. Contudo, isso deve ocorrer sob a premissa que antecede a apresentação do material de aprendizagem (MOREIRA, 2012).

Em alguns momentos o aluno pode não constatar o objetivo do material que estará sendo utilizado, exibindo o intuito de associar os seus conhecimentos prévios que estão em sua estrutura cognitiva. Os organizadores prévios contribuem para “resgatar”, “ativar”, “recuperar” os conhecimentos que estão desvanecidos (MORO; NEIDE; REHFELDT, 2016).

Como um exemplo de organizador prévio, os pesquisadores Brum, Schuhmacher e Silva (2016) sugerem, em seu artigo, a utilização de documentários como organizadores prévios para o ensino de Geometria não Euclidiana. Os resultados mostraram que documentários promovem debates e reflexões sobre o tema, do mesmo modo como contribuem para os professores exporem esse campo da Matemática.

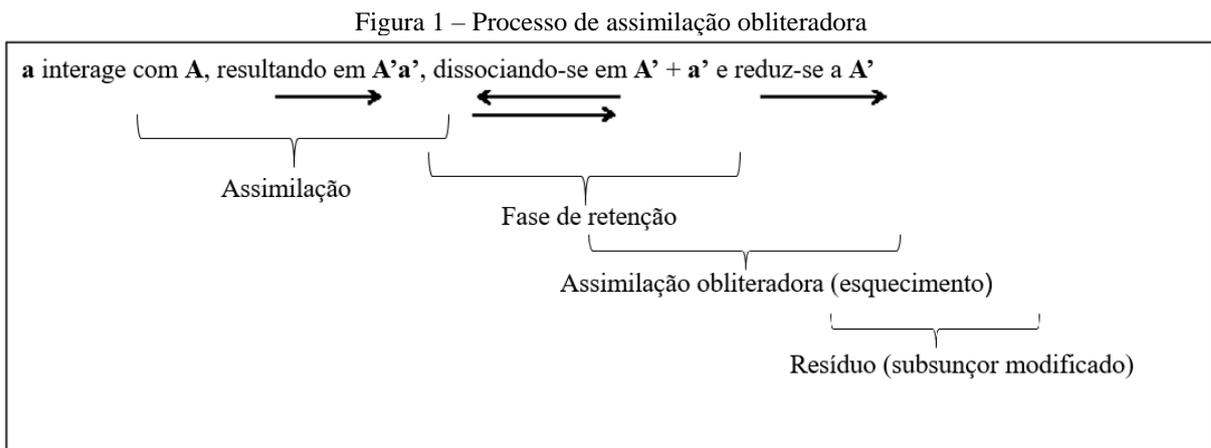
Portanto, os organizadores prévios podem ser adequados para se obter uma vinculação entre os conhecimentos que o aluno já tem com o que ele deverá aprender, facilitando a aprendizagem significativa e auxiliando a aquisição do novo conhecimento.

3.1.6 Assimilação Obliteradora

Com relação ao processo de esquecimento da aprendizagem, Moreira (2011) afirma que a aprendizagem significativa

[...] não é aquela que o aprendiz nunca esquece. O esquecimento é uma consequência natural da aprendizagem significativa; é o que Ausubel chamava de assimilação obliteradora, ou seja, a perda progressiva da dissociabilidade dos novos conhecimentos em relação aos conhecimentos que lhes deram significados, que serviram de ancoradouro cognitivo (MOREIRA, 2011, p. 39).

De acordo com Nascimento (2015, p. 25), quando acontece uma aprendizagem significativa “as informações que já existem na estrutura cognitiva do aluno são alteradas pelas novas, por meio do processo de assimilação. Este processo possui três fases, a assimilação, a retenção e o esquecimento (assimilação obliteradora)”.



Fonte: Moreira (2003)

Logo, a assimilação é o processo que ocorre quando um conceito ou proposição **a**, potencialmente significativo, é assimilado sob uma ideia ou um conceito mais inclusivo já existe na estrutura cognitiva. Como visto na figura acima, não apenas a nova informação **a**, como também o conceito subsunçor **A**, ao qual ela se relaciona, são modificados pela interação (MOREIRA, 2015).

Além disso, **a'** e **A'** permanecem relacionados como coparticipantes de uma nova unidade **a'A'**, a qual seria o subsunçor modificado. Como exemplo, Moreira (2015) cita o conceito de força nuclear, o qual pode ser aprendido por um estudante que domina o conceito de força em sua estrutura cognitiva. O novo conceito, a força nuclear, será assimilado pelo conceito mais inclusivo, isto é, o conceito de força já adquirido.

Todavia, considerando-se que esse tipo de força é de curto alcance, não será apenas o conceito de força nuclear que adquirirá significado para o aluno; o conceito geral de força, o qual ele já tinha assimilado, será modificado e, assim, se tornará mais inclusivo. Ausubel ainda propõe que a assimilação ou a ancoragem tem efeito facilitador na retenção. O autor acredita que novas informações recentemente assimiladas permanecem disponíveis durante o período de retenção, no qual continuam dissociáveis como entidades individuais por tempo indeterminado (MOREIRA, 2015). Após a aprendizagem significativa, inicia-se o estágio de assimilação obliteradora, no qual já não ocorre uma dissociação (A' e a'); assim, ela passa a ser apenas A' (NASCIMENTO, 2015).

Assim, a assimilação obliteradora é uma continuidade natural da aprendizagem significativa, não o esquecimento total. Logo, seria uma perda de discriminabilidade, de diferenciação de significados, não uma perda dos significados. Caso o aprendiz esqueça por total, é possível afirmar que o sujeito nunca tenha aprendido determinado conteúdo, tendo, portanto, passado por um processo de aprendizagem mecânica não significativa (MOREIRA, 2012).

3.2 TEORIA DA MEDIAÇÃO COGNITIVA - TMC

3.2.1 Era digital: desafios do novo milênio

Em 2016 foi realizada a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD), cujo tema suplementar foi a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC). Conforme essa pesquisa, o número de pessoas que utilizam a TIC vem aumentando no Brasil.

A utilização de Internet em lares brasileiros foi averiguada porque a rede mundial de computadores é utilizada em 69,3% dos domicílios particulares, estando presente em todas as regiões do Brasil, sobretudo nas regiões sudeste (76,7%) e Centro-oeste (74,7% dos lares). Com base na população com 14 anos de idade ou mais, o percentual de pessoas que usam a Internet chegou em 97,4% no grupamento dos profissionais das ciências e intelectuais (IBGE, 2016).

Pode-se observar, com esses dados, como as TIC estão a cada dia mais presentes em nossa sociedade. Conforme Souza (2004), dessa maneira se faz necessário um maior

acompanhamento diante desse novo contexto com foco na elaboração de novos conceitos e habilidades diante dessa nova realidade. De acordo com Souza et al. (2012), na atualidade, os indivíduos que estão passando pela Era Digital acabam tendo que aprender e compreender determinadas ações realizadas com o uso da tecnologia, a qual se torna uma necessidade. Esses autores ainda reiteram a importância que se tem em:

- a) Escolher, instalar, operar e/ou gerenciar componentes específicos de hardware, software e/ou redes;
- b) Entender e fazer uso de novos conceitos abstratos, como interatividade, interface, hipertexto e virtual;
- c) Manusear, com interações interpessoais, uma infinidade de dispositivos eletrônicos e redes dentro do contexto de novas formas de organização social online.

Nesse sentido, Souza (2004) menciona que os computadores acabaram tendo maior destaque do que os demais objetos utilizados para o uso na mediação externa, já que são mais práticos e programáveis. Diante dessa realidade, o autor afirma que

[...] na atual Revolução Digital, testemunha-se a emergência de uma Hiper cultura, onde os mecanismos externos de mediação passam a incluir os dispositivos computacionais e seus impactos culturais, enquanto que os mecanismos internos incluem as competências necessárias para o uso eficaz de tais mecanismos externos. Em termos de impactos observáveis, isso significa que todas as habilidades, competências, conceitos, modos de agir, funcionalidade e mudanças culturais ligadas ao uso de computadores e da *Internet* constituem um conjunto de fatores que difere substancialmente daquilo que tradicionalmente se percebe como cultura (SOUZA, 2004, p.85).

Para Rocha (2015, p.18) com o crescente avanço da tecnologia, surgiu a necessidade de compreender um novo padrão de funcionamento psicológico e social que a TMC denomina de 'hipercultura'. A mediação hipercultural seria os mecanismos externos. Já os mecanismos internos, na estrutura cognitiva do indivíduo, seriam responsáveis pelo uso efetivo dos mecanismos externos.

Com a Revolução Digital, Souza (2004), após realizar sua pesquisa com participantes do ENEM 2000, constatou que o advento da hipercultura está relacionado com a maneira como ocorre o pensamento da geração hipercultural, em um cenário em que essa nova era ocasionou mudanças socioculturais psicológicas nessa geração.

Partindo dessa premissa, da mudança em que ocorreu no pensamento dessa geração, por meio da chamada Revolução Digital, Souza (2004) apresenta a TMC em sua tese de doutorado.

3.3 FUNDAMENTAÇÃO DA TMC: PIAGET, VERGNAUD, VYGOTSKY E STERNBERG

Considerada uma teoria contextualista e construtivista, a TMC tem como base a síntese unificada das teorias de Jean Piaget (desenvolvimento construtivista e equilíbrio), a Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud (teorema em ação, conceito, esquema e competência), o Socioconstrutivismo de Lev Semenovitch Vygotsky (internalização de sistemas socioculturais, Zona de Desenvolvimento Proximal) e a Teoria Triárquica da Inteligência de Robert J. Sternberg (processamento modular de informação) (ASFORA, 2015).

3.3.1 A Epistemologia Genética de Jean Piaget e a TMC

A obra de Piaget é extremamente extensa e compreende quatro períodos gerais do desenvolvimento cognitivo (sensório-motor, pré-operacional, operacional-concreto e operacional formal). Esses períodos são divididos em estágios ou níveis.

Jean Piaget acreditava que os indivíduos precisariam se adaptar aos ambientes e descreveu dois processos de adaptação que refletem a capacidade dos organismos de se harmonizarem ao ambiente. Esses dois processos seriam o de assimilação e o de acomodação (NETTI et al., 2016).

Para que um conceito, por exemplo, seja inserido no sistema de relações do aprendiz, conforme Piaget, deve acontecer a equilíbrio,

[...]que consiste na superação do conflito por meio dos processos de assimilação e acomodação. Neste caso, a assimilação ocorre quando a criança incorpora experiências novas a esquemas já existentes que se modificam possibilitando a acomodação [...] após sucessivos processos de equilíbrio, a criança vai construindo maneiras de agir e pensar cada vez mais elaboradas e essa evolução foi descrita por Piaget como estágios do desenvolvimento cognitivo (PICHITELI, 2017, p. 127-128).

A TMC realiza a associação com a Epistemologia Genética de Jean Piaget pelas seguintes razões: a) *assimilação* (o principal componente da cognição humana); b) *acomodação* (um processo de mecanismos externos e internos da mediação que ocasiona uma estrutura cognitiva coesa e expandida, não apenas um aglomerado de conceitos); c) *fases e estágios* (nos quais a TMC acredita no desenvolvimento individual por meio de uma continuidade de etapas); d) *o papel do ambiente*, campo de experiências (mas a TMC diferencia-se na Epistemologia

Genética de Jean Piaget naquilo que se refere ao papel do ambiente, com a primeira atribuindo a ele um papel cognitivo mais ativo e participativo do que a segunda) e e) os *impactos da revolução digital* (a Epistemologia Genética de Piaget é o desenvolvimento cognitivo que irá alcançar o estágio Operacional formal e na TMC, “[...] considera que não há um patamar máximo discernível para a lógica, mesmo quando se toma o termo no sentido piagetiano”) (SOUZA, 2004, p.113).

3.3.2 A Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gérard Vergnaud e a TMC

Elaborada por Vergnaud, discípulo de Jean Piaget, a Teoria dos Campos Conceituais (TCC) é uma teoria psicológica cognitivista que pressupõe que o núcleo do desenvolvimento cognitivo é a conceitualização do real. A TCC ainda mostra que existem três níveis básicos de organização: conceitos, esquema e competência (MOREIRA, 2015).

Segundo Anjos, Sahelices e Moreira (2015, p. 316), “Vergnaud considera que o conhecimento se organiza em campos conceituais, cujo domínio pelo indivíduo acontece durante longo tempo, por meio de experiências, maturidade e aprendizagem”. O campo conceitual seria um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações e operações de pensamento, conectados um aos outros.

Conforme a TMC, a mente do indivíduo não pode prescindir de uma representação mental dos objetos ou sistemas usados para a mediação. Essas representações, ao lado de os eventuais sistemas simbólicos que os expressam em uma linguagem operacional, constituem os mecanismos internos de mediação. Logo, o desenvolvimento cognitivo envolve a interação entre o indivíduo com objetos e sistemas que tenham a capacidade de realizar cálculos. Trata-se de um processo que envolve o surgimento simultâneo dos mecanismos internos e externos de mediação.

Em relação aos conceitos, esquemas e competências mencionados na TCC, Souza (2004) traz que:

Uma ponte entre a TMC e a Teoria dos Campos Conceituais pode ser estabelecida quando se considera que os Conceitos elaborados por indivíduos acerca das relações dinâmicas entre os elementos que compõe o espaço das suas interações com o ambiente são tais que é possível a elaboração de Esquemas e Competências envolvendo a possibilidade de uso de tais elementos e relações como mecanismos computacionais (SOUZA, 2004, p. 117).

Por fim, a TMC considera que com o surgimento da Hiperultura, repleta de novos conceitos como *hardware* e *software*, afirma a emergência dessa mediação, “onde os mecanismos externos de mediação passam a incluir os dispositivos computacionais e seus impactos culturais, enquanto que os mecanismos internos incluem as competências necessárias para o uso eficaz de tais mecanismos externos” (SOUZA, 2004, p. 85).

3.3.3 Mediação social e cultural: Vygotsky e a TMC

Lev Vygotsky parte da premissa de que o desenvolvimento cognitivo do indivíduo não ocorre independentemente de seu contexto social, cultural e histórico. Considerada uma teoria construtivista, a teoria de Vygotsky se fundamenta na noção de que os instrumentos, signos e sistemas são construções sócio-históricas e culturais. Já a internalização dos signos e instrumentos elaborados acaba sendo uma reconstrução interna na mente do indivíduo (MOREIRA, 2015).

Segundo Vygotsky, os estudantes desenvolvem funções mentais superiores por meio de atividades mediadas, sociais e colaborativas. Por meio desse processo, eles transferem sua dependência de formas explícitas de mediação para formas mais implícitas, como discurso interior, transferindo sua dependência dos outros para uma independência associada à lembrança, internalização e uso de ferramentas culturais. Se as ferramentas mediarem a compreensão, a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) oferece uma explicação confiável para a relação entre a aprendizagem de um aluno e seu desenvolvimento cognitivo (WALSHAW, 2017, p. 2, tradução nossa).

Souza (2004, p. 122) define a Zona de Desenvolvimento Proximal, um dos conceitos elaborados por Vygotsky, “como sendo a distância entre o atual nível de desenvolvimento de um indivíduo segundo determinado pela resolução independente de problemas e o nível de desenvolvimento potencial”. Trata-se de uma visão dinâmica da internalização, delimitando o internalizado, o que irá ser internalizado e o que está sendo internalizado.

A TMC, à luz da teoria de Vygotsky, baseia-se na interação entre pessoas e o meio no qual estão inseridas, influenciando a maneira com que o indivíduo aprende. A internalização de sistemas de símbolos acontece não apenas pela participação social, mas mediante o uso de dispositivos computacionais (SOUZA, 2004).

A TMC envolve o papel da cultura e dos sistemas simbólicos, assim como em Vygotsky e, em especial, no que concerne o papel da cultura, a TMC diz dos sistemas de símbolos e dos processos de transmissão e internalização de tais sistemas para o funcionamento

da cognição humana. Em relação à mediação social e cultural, a TMC assimila plenamente essa visão, de “[...] atividades sociais cujos objetivos, estrutura e funcionamento são culturalmente determinados, constituindo assim, um processo que viabiliza a construção cognitiva e a expande” (SOUZA, 2004, p. 123).

Logo, a TMC acredita que, com o acesso a redes de indivíduos e ferramentas mais complexas, o indivíduo pode desfrutar da enorme capacidade computacional dessas redes a seu favor. Com isso, as mentes dos aprendizes podem se desenvolver graças aos novos meios disponíveis por meio da chamada Revolução Digital.

3.3.4 Mecanismos internos de mediação: Sternberg e as TMC

Sternberg elaborou a Teoria Triárquica da Inteligência, a qual se constitui no paradigma do processamento da informação. Segundo a Teoria, a estrutura cognitiva é composta por três facetas: a Faceta Analítica, a Faceta Criativa e a Faceta Prática.

A primeira faceta, a Faceta Analítica, ou a subteoria dos Componentes, diz respeito aos mecanismos responsáveis pela capacidade analítica, avaliada em testes psicométricos e/ou em testes acadêmicos, esclarecendo a maneira na qual o indivíduo se relaciona com o seu mundo interior.

A segunda faceta, a Faceta Criativa, ou subteoria experimental, está associada aos *insights* e sínteses com a habilidade de reagir a novas situações e aos estímulos que formam o modo como o indivíduo correlaciona o seu mundo interno à realidade externa. A terceira faceta, a Faceta Prática, ou subteoria Teoria Contextual, é relacionada com o mundo externo ao redor do indivíduo, o qual envolve a habilidade de aprender e compreender com tarefas consideradas cotidianas.

A associação entre a TMC e a Teoria Triárquica de Sternberg é relacionada pelas subteorias. Estas permitem compreender o surgimento e o funcionamento dos mecanismos internos de mediação. A TMC, de acordo com Souza (2004, p. 128), “estipula a existência de mecanismos de processamento interno, as quais são estruturas cognitivas responsáveis pela realização e coordenação de operações lógicas.” Logo, esse construto exibe uma correspondência com a Faceta Analítica de Sternberg, permitindo a assimilação de algoritmos.

3.4 TEORIA DA MEDIAÇÃO COGNITIVA E SEUS PRINCIPAIS CONCEITOS

Para Souza et al. (2012) a TMC é baseada em cinco premissas relativas à cognição humana e ao processamento de dados:

(...) I) A espécie humana tem como maior vantagem evolutiva a capacidade de gerar, armazenar, recuperar, manipular e aplicar o conhecimento de várias maneiras; II) Cognição humana é efetivamente o resultado de algum tipo de processamento de informação; III) Sozinho, o cérebro humano constitui um finito e, em última instância, insatisfatório, recurso de processamento de informação; IV) Praticamente qualquer sistema físico organizado é capaz de executar operações lógicas em algum grau; V) Seres humanos complementam o processamento da informação cerebral por interação com os sistemas físicos externos organizados (SOUZA et al., 2012, p.2, tradução nossa).

A partir dessas cinco premissas obtém-se uma imagem da cognição humana, na qual os indivíduos desenvolvem e utilizam o conhecimento mediante o processamento de informações, o qual é realizado no cérebro. Essa capacidade de processamento de informações é limitada e insatisfatória, mas a humanidade superou tais limites e hoje constata-se que a expansão da capacidade cognitiva dos seres humanos se dá através de alguma forma de processamento extracerebral de informações (SOUZA et al., 2012).

A cognição humana é o resultado do processamento de informações, no qual uma parte é realizada fora do cérebro, o que é de grande importância, já que o órgão é limitado para processar todas as informações disponíveis (RAMOS; SERRANO, 2013b).

Nesse sentido, utilizamos o processamento externo por meio da interação com estruturas do ambiente para aumentar nossa própria capacidade de processamento de informações. Dito de outro modo, é por meio de mediações e do processamento extracerebral de informações como mecanismos que contribuem para o processamento cognitivo, que a TMC traz esse conjunto de conceitos dentro de sua fundamentação teórica (TREVISAN; SERRANO, 2016).

O processo pelo qual os seres humanos utilizam estruturas externas para complementar o processamento de informações feito por seu cérebro orgânico (cognição extracerebral) é chamado de "mediação" e pode ser descrito como tendo os seguintes componentes:

Objeto: O item físico, conceito abstrato, problema, situação e/ou relação em relação à qual o indivíduo está tentando construir o conhecimento;

Processamento Interno: A atividade cerebral fisiológica (sináptica, neural e endócrina) que executa e as operações lógicas básicas do indivíduo;

Mecanismos internos: Estrutura mental que gerencia algoritmos, códigos e dados que permitem a conexão, a interação e a integração entre o processamento interno do cérebro e o processamento extracerebral feito pelas estruturas no ambiente, funcionando como um "*driver* de hardware" e um "protocolo de rede";

Mecanismos externos: Podem ser de vários tipos e capacidades, variando de objetos físicos simples (dedos, pedras), a indivíduos e grupos com atividades sociais complexas, sistemas simbólicos e ferramentas/artefatos.

O conjunto de mecanismos internos de um indivíduo é um aspecto chave da mediação cognitiva. Logo, estruturas externas são dispositivos auxiliares de processamento de informações, mas também funcionam como "máquinas virtuais" internas que fornecem novas funcionalidades cognitivas (ferramentas lógicas, técnicas e estratégias).

Com o objetivo de integrar o processamento de informação realizado pelo cérebro e aquele que é executado por mecanismos externos, é necessário um elo entre esses dispositivos computacionais, isto é, alguma maneira de traduzir entradas e saídas, a "taxas de transferências" entre eles.

Essa junção é semelhante à necessidade de instalar o software, "*device driver*", driver de dispositivo, em um sistema de computador para que ele possa reconhecer e instalar um item específico de hardware externo, como uma impressora, um scanner ou dispositivo de armazenamento, por exemplo (SOUZA et al., 2012).

3.4.1 Drivers: dispositivos como máquinas virtuais

De acordo com o dicionário Aurélio (2010, p. 267), *driver* é um "arquivo com parâmetros e instruções específicas que possibilita o uso de dispositivos do computador" (como impressora, *modem*, etc.), ou seja, o *driver* tem a funcionalidade de auxiliar na ligação entre o sistema computacional de um computador e a o hardware dele.

Souza (2004) apresenta os *drivers*, na TMC, como "máquinas virtuais" usadas como novas competências. Essas novas competências poderiam contribuir para que o aprendiz consiga resolver novas situações problemas. Os *drivers* teriam papel essencial no contexto da mediação, sendo mais do que apenas uma conexão do pensamento humano com os mecanismos externos (WOLFF; SERRANO, 2014).

[...] para garantir o processo de mediação cognitiva com um mecanismo externo, nosso cérebro cria competências específicas para se comunicar com este mecanismo – que é um auxiliar no processamento de informação – e, a partir dessa mediação, adquire um ganho de processamento de informações que se mantém mesmo que a conexão com o mecanismo externo seja interrompida (ROCHA; SERRANO, 2013, p.4)

De acordo com Ramos e Serrano (2014a), os *drivers* são mecanismos internos de mediação que contribuem para o uso de mecanismo externos. Os mecanismos internos, conforme a TMC, seriam como os *drivers* de computador, que “permitem a utilização de estruturas externas para auxiliar no processamento de informações e comportar as verdadeiras ‘máquinas virtuais internas’, possibilitando novas funcionalidades cognitivas e construção de novas habilidades” (RAMOS; SERRANO, 2013b, p. 5).

Os mecanismos internos, ao proporcionarem a utilização de estruturas externas para contribuir com o processamento de informações, acabam se tornando máquinas virtuais, como mencionado anteriormente. Logo, os autores acreditam que isso poderia ser evidência de aprendizagem.

Wolff (2015) em sua pesquisa de doutorado, considera a hipótese de que os *drivers* dos alunos poderiam sofrer modificações. Quando resolveram problemas relacionados com o tema sobre colisões, muitos alunos utilizaram *drivers* oriundos da simulação computacional, mesmo quando a simulação computacional não foi realizada.

Para melhor entendimento, podemos usar como exemplo o computador para processar informações ou até mesmo para realizarmos uma simulação computacional. Nesse caso, estamos usando o computador como um mecanismo externo. Porém, é necessário construir mecanismos internos em nossa estrutura cognitiva para podermos manusear esse computador e avaliar como ele funciona e as informações que ele está nos viabilizando.

Portanto, os mecanismos internos proporcionarão a aplicação dos mecanismos externos. Conforme a TMC, esses mecanismos internos são chamados de *drivers*. Os *drivers* se desenvolvem por meio da relação entre o indivíduo e o mecanismo externo de processamento de informações mediante o método piagetiano de equilíbrio.

Diante disso, para assegurar o processo de mediação cognitiva com um mecanismo externo,

[...] nosso cérebro cria *drivers* que o dotam de competências específicas para se comunicar com esse mecanismo. Com isso, adquire um ganho de processamento de informações que se mantém mesmo que a conexão com o mecanismo externo seja interrompida. E esse ganho é considerado aquisição de conhecimentos pelo autor da TMC (RAMOS; SERRANO, 2014, p. 4).

A mediação cognitiva acontece como função fundamental, associando os processos internos e externos à sua estrutura cognitiva, “sendo os *drivers* os intermediários entre o conjunto de conhecimentos que o indivíduo detém dentro de si, com as habilidades que lhe permitem o acesso e o uso de mecanismos externos” (TREVISAN, 2016, p. 34). Assim, os aprendizes têm acesso a uma aprendizagem e, posteriormente, a um desenvolvimento em sua estrutura cognitiva.

3.5 MEDIAÇÕES: MECANISMOS EXTERNOS E INTERNOS

Conforme vimos, o cérebro é limitado, o que implica a necessidade de um indivíduo completar o seu processamento cerebral mediante recursos do ambiente. O processamento externo emerge da interação (mediação) com o ambiente, propiciando à estrutura cognitiva a capacidade de complementar o seu processamento.

Segundo Souza et al. (2014, p. 211), “os indivíduos complementam e suplementam a sua capacidade mental por meio do processamento de informações realizado por elementos do seu ambiente (cognição extracerebral), um processo denominado de ‘Mediação’”. De acordo com a TMC, Souza (2004) aborda quatro formas de mediação: a psicofísica, a social, a cultural e a hipercultural. Essas quatro formas de mediação serão apresentadas a seguir.

3.5.1 Mediação Psicofísica

A mediação psicofísica é caracterizada pela interação com os objetos condicionados. Os seres humanos estão continuamente recebendo estímulos no ambiente em que estão, no qual, por meio de seus instintos, diversas maneiras de respostas relacionadas com os instintos humanos são possíveis.

Conforme Souza (2004), os mecanismos externos de mediação podem se sintetizar em,

[...] eventos físicos, químicos e biológicos fortuitos que agregam alguma forma elementar de processamento extracerebral de informação à relação sujeito-objeto, e os mecanismos internos de mediação constituem-se basicamente de esquemas sensório motores, pode-se chamar a isso de **mediação psicofísica** (SOUZA, 2004, p. 72, grifo nosso).

O autor da TMC traz exemplos relacionados com a mediação psicofísica para melhor entender a identificação de tons claros em um local escuro ou vice-versa e esclarecer a comparação que pode existir a partir da memória. Essas questões apenas são possíveis quando são adotados pressupostos não expressos mas diretamente verificáveis, tal como a uniformidade da iluminação (SOUZA, 2004).

O uso de ecos para a audição de sons distantes ou de baixa intensidade, da percepção de aromas à distância, da vibração do solo em detectar a presença de determinados animais são exemplos mencionados por Souza (2004). Esses exemplos representam as instâncias básicas de mediação cognitiva. Isto é, os *drivers*, de acordo com a TMC, são criados ou modificados após a ocorrência desse processamento externo.

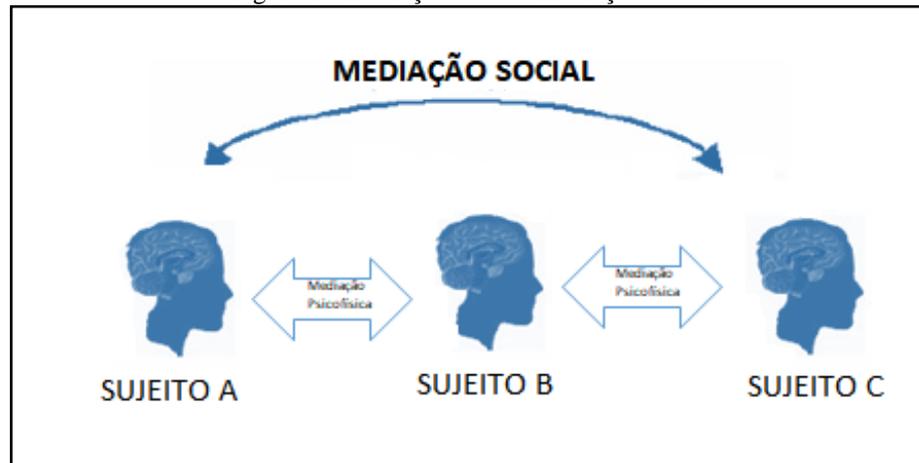
3.5.2 Mediação Social

Ao colocarmos diversos indivíduos no mesmo ambiente, fatalmente ocorrerá um tipo de interação entre eles. Os seres humanos são uma espécie que vive em grupos, o que acaba gerando padrões e comportamentos semelhantes entre eles, interações estas que podem vir a ser diretas ou indiretas entre os integrantes do grupo.

Assim, a percepção individual do ambiente pelo indivíduo se torna única, mas segue potencializada com a possibilidade de um indivíduo usar as percepções das demais pessoas do grupo.

Souza (2004, p. 73) explica a mediação social conforme o seguinte exemplo: “Sejam A, B e C sujeitos/objetos. À medida em que A interage com B via mediação psicofísica e B interage com C da mesma forma, é possível reduzir isso a uma interação indireta entre A e C.” Caso todos os sujeitos, A, B e C, estejam em interação conforme algum tipo de convívio social estável, pode-se afirmar que se trata de um convívio social estável. Segue uma figura (Figura 2), adaptada de Souza (2004) para esclarecer a ideia.

Figura 2 - Ilustração sobre a mediação social



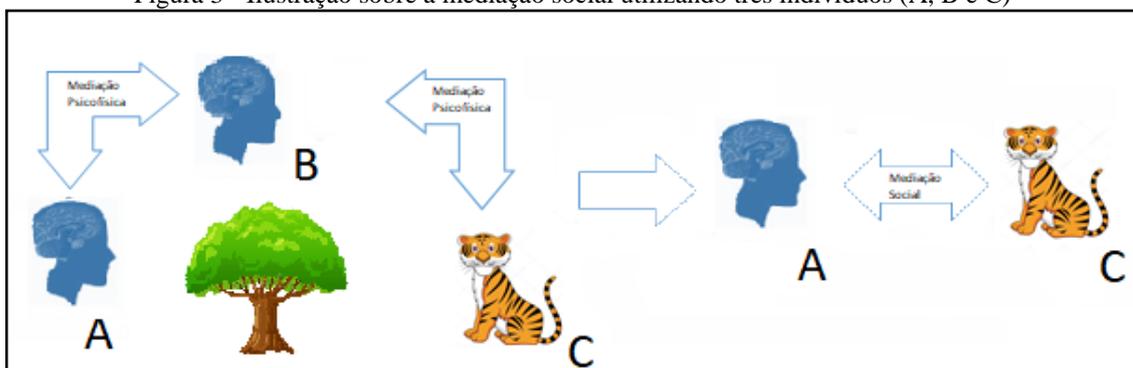
Fonte: Adaptação de Souza (2004)

Quando envolve uma mesma espécie, ou seja, indivíduos com padrões sensoriais e comportamentais semelhantes, a interação indireta cria um admirável benefício competitivo. Os membros de um grupo passam a dispor não apenas das suas próprias capacidades perceptivas, mas também, indiretamente, daquelas dos demais componentes.

Dessa maneira, Souza (2004) apresenta mais um exemplo de como acontece a mediação social com base na importância da interação entre indivíduos com o mesmo padrão sensorial. Se considerarmos o seguinte exemplo: Em determinado local há dois homens, A e B, e um tigre. O indivíduo B, um homem, percebe a aproximação de C e nota que A é outro homem que não se encontra em posição para perceber o tigre diretamente por causa de um obstáculo físico qualquer.

Em uma interação indireta, por mais que A não consiga visualizar C, o tigre, A irá reagir conforme o comportamento de B, como se estivesse diante da presença de C. Abaixo é possível compreender melhor esse exemplo mediante a figura explicativa (Figura 3).

Figura 3 - Ilustração sobre a mediação social utilizando três indivíduos (A, B e C)



Fonte: Adaptação de Souza (2004)

Portanto, as vantagens cognitivas da interação em grupo “logo deixam evidente para os sujeitos envolvidos que certos objetos contribuem mais para a sua sobrevivência e bem-estar do que outros, particularmente os objetos que são seus colegas de espécie” (SOUZA, 2004, p. 75). Dessa forma, existe uma aptidão instintiva da parte dos membros de um agrupamento a desenvolver esse tipo de experiência.

Logo, o convívio social de um determinado grupo contribui com a geração ou a modificação de *drivers* sociais, colaborando para o desenvolvimento cognitivos dos indivíduos deste grupo.

3.5.3 Mediação Cultural

A mediação cultural diz respeito ao uso da linguagem, escrita ou de imagens, e seus desdobramentos. Ao vivermos em grupos, tendo esse convívio social, elaboram-se meios para se comunicar e se compreender. As placas de trânsito, por exemplo, foram criadas para auxiliar os motoristas em suas viagens mediante o uso de símbolos.

Na maneira como escrevermos atualmente, por aplicativos de mensagens, muitas vezes utilizamos *emoji*. Esses símbolos acabam representando sentimentos, emoções, avisos, palavras e frases completas às vezes.

Conforme Souza (2004), a concepção da linguagem,

[...] em suas formas de fala e, posteriormente, de escrita, implicou na possibilidade inédita de se expressar acontecimentos e experiências de forma clara, além de se poderem armazenar conteúdos e experiências em objetos inanimados. Além disso, as estruturas sintáticas da linguagem e as regras de organização de textos escritos trazem consigo uma lógica própria que envolve categorizações complexas de ideias e conceitos. Isso leva, por sua vez, a práticas sociais mais sofisticadas para a realização de diversos fins. O conjunto de todos esses fatores e dos seus inúmeros desdobramentos compõe aquilo que se convencionou chamar de "cultura" (SOUZA 2004, p. 78).

Então, observando a particularidade de cada cultura com relação a seu grupo, existe uma superestrutura extracerebral, possibilitando a realização de operações de memória e, por conseguinte, de aprendizagem.

3.5.4 Mediação Hiper-cultural

Como já mencionado na seção anterior, os últimos anos testemunharam uma nova era, com o uso e a importância que a Hiper-cultura vem logrando em nossa sociedade. Em virtude do surgimento dessa nova mediação, os mecanismos externos de mediação começaram a incluir dispositivos computacionais e seus impactos culturais. Já os *drivers* assumem competências necessárias para a utilização desses mecanismos externos “novos”, que seriam os mecanismos hiper-culturais.

As características esperadas de indivíduos “hiper-culturais” incluiriam a eficiência cognitiva no sentido de obter um máximo de utilização de um mínimo de informação e de conhecimento.

Em determinados contextos, isso permite usar os artefatos mais como instrumentos do que como objeto do pensamento (propensão ao estabelecimento de “caixas-pretas”). Em outros, isso implica no descarte de informações “desnecessárias” para se lidar com sobrecargas de conteúdo intelectual (SOUZA, 2004, p. 86).

A Hiper-cultura retrata, cognitivamente, uma mudança que interfere nos mecanismos internos e externos empregados pelos indivíduos com o intuito de potencializar suas atividades intelectuais. Estas modificações no pensamento humano são de natureza estrutural, influenciando a dinâmica dos fenômenos cognitivos (WOLFF, 2015).

A mediação hiper-cultural é baseada no uso de ferramentas tecnológicas responsáveis por processamentos externos de informação, relacionando-os com os mecanismos internos de processamento e, dessa maneira, modificando a estrutura cognitiva do indivíduo (TREVISAN, 2016).

Assim, segundo a TMC, uma aprendizagem apenas advém quando o aprendiz interage com uma mediação externa. A seguir, segue uma figura com a descrição de cada uma das quatro mediações desenvolvidas na TMC retratando os mecanismos externos, mecanismos internos e como ocorre o processamento extracerebral (Figura 4).

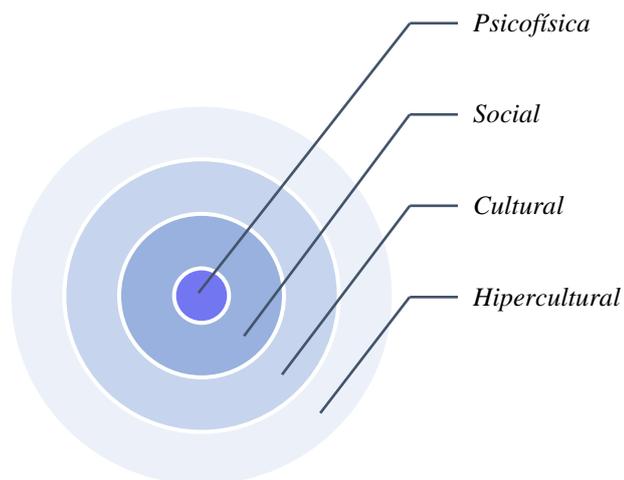
Figura 4 – As quatro mediações da Teoria da Mediação Cognitiva

MEDIAÇÃO	MECANISMO EXTERNO	MECANISMO INTERNO	PROCESSAMENTO EXTRACEREBRAL
PSICOFÍSICA	Física do objeto e do ambiente	Sistemas sensoriais	Percepção
SOCIAL	Interação entre indivíduos	Habilidades sociais	Percepção e memória
CULTURAL	Sistemas simbólicos e artefatos	Conhecimento tradicional e/ou formais	Percepção, memória, categorização e aprendizagem
HIPERCULTURAL	Tecnologias da informação	Conceitos e habilidades do domínio da TI	Percepção, memória, categorização e aprendizagem, julgamento, elaboração, tomada de decisões

Fonte: adaptado de Souza (2004)

Relacionando as quatro mediações, Souza (2004) estabelece que essas mediações, se englobam. Na qual a mediação hipercultural engloba todas as demais mediações, a mediação cultural abrange as outras duas, a mediação social compreende a psicofísica e, por fim, a mediação psicofísica em si, é que poderia ser aquela única em que interage sozinha, isto é, o sujeito e a mediação (Figura 5).

Figura 5 – Mediações conforme a TMC



Fonte: a pesquisa

3.5.5 Relação entre a Teoria da Aprendizagem Significativa e Teoria da Mediação Cognitiva

Na TMC, por mais que Souza (2004) não tenha utilizado a TAS para se basear em sua teoria, é possível encontrar relações significativas entre a TAS e a TMC. Na presente pesquisa de mestrado a TAS é o suporte teórico adotado para buscar compreender se ocorreram modificações na estrutura cognitiva dos estudantes após o uso de ferramentas extracerebrais. Caso tais mudanças sejam identificadas, a TMC é utilizada para caracterizar as possíveis causas associadas ao processo.

A TMC abarca o conceito de *objeto*, isto é, a situação ou conceito que está sendo estudado e tem valor fundamental no processo de aprendizagem. Ressalta-se que esse *objeto* pode relacionar-se com o *mecanismo externo* que elaborará a mediação com os *drivers* existentes (mecanismos internos). A TAS também contempla o *novo conhecimento* que irá se relacionar não-arbitrariamente e não-literalmente com o *subsunçor*. Portanto, o *objeto* na TMC seria o *novo conhecimento* na TAS, e os *drivers* estão intimamente relacionados com os *subsunçores*.

A TMC e a TAS tendem a um mesmo ponto com relação aos conhecimentos existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. No entanto, a TMC se preocupa com a relação entre as dimensões extracerebral e intracerebral, nas quais esta interação pode acontecer com o uso de mediação cognitiva, considerando-se um componente ativo das relações lógicas entre essas duas dimensões (extracerebral e intracerebral). Na TAS, o novo conhecimento precisará possuir relações não-arbitrárias e não-literais com a estrutura cognitiva; isto é, a TAS não se dedica propriamente à forma de mediação: é a TMC que tem esse cuidado.

De acordo com Souza (2004), a mediação cognitiva acontece se

[...] e somente se existirem mecanismos internos de suporte à mediação com capacidade de comunicação e controle em relação a eventuais mecanismos de processamento extracerebral, ou seja, quando o indivíduo detém, dentro de si, um conjunto de conhecimentos e habilidades que lhe permitam o acesso e o uso de tais mecanismos externos (SOUZA, 2004, p.66).

Logo, ao ocorrer a relação com os elementos extracerebrais, fica claro que estes somente poderão ser utilizados se o aprendiz conseguir interagir de modo adequado. Ou seja, eles somente poderão ser utilizados se o novo conhecimento interagir com os conhecimentos existentes na estrutura cognitiva dos estudantes, assim como antevê a TAS.

Outra relação abordada diz que a TMC considera o sujeito como detentor de conhecimentos e habilidades que devem estar disponíveis a ele; isto é, o objeto relaciona-se com a importância do conhecimento prévio, assim como vemos na TAS.

Os mecanismos externos podem ser usados mesmo quando não estão presentes. Isso acontece porque o objeto, por meio desses mecanismos, foi incorporado aos subsunçores. Dito de outro modo, a aprendizagem significativa ocorreu. Portanto, há uma integração de imagens mentais desses objetos, mediados pelos mecanismos externos na estrutura cognitiva do aluno (WOLFF, 2015).

Já as formas de mediação da TMC, foco de nosso interesse nessa teoria, têm algumas relações com a TAS. As mediações social, cultural e hipercultural podem relacionar-se com aprendizagem por recepção da informação. A mediação psicofísica dispõe de relação direta com a aprendizagem significativa com base em uma descoberta. Essa forma de mediação acontece diretamente entre o sujeito e o objeto e é considerada uma forma básica e instintiva de mediação.

Com o modelo da mediação cognitiva, de acordo com cada etapa no processo da evolução cognitiva, a TMC “representa uma mudança profunda nos mecanismos internos, que são usados por um indivíduo para potencializar as suas atividades intelectuais. Desse modo, espera-se que tais mudanças no pensamento sejam de natureza estrutural” (SOUZA, 2004, p. 87). Então, ao ocorrer a aprendizagem significativa, os subsunçores incorporam os novos conhecimentos e modificam os conhecimentos existentes. Assim, a cada nova aprendizagem significativa os subsunçores se modificam e se tornam mais abrangentes e inclusivos, tal qual considera a TMC.

Portanto, acreditamos que seja viável a utilização das duas teorias como fundamentação teórica da presente pesquisa, pois elas se complementam. A TAS considera que os conhecimentos existentes na estrutura cognitiva do estudante são fator importante, fator este que também é relevante na TMC. Logo, a TAS se centraliza na aprendizagem do conceito, sendo, portanto, completada pela TMC, a qual tem seu eixo fundamental na mediação entre o conhecimento novo e o existente, gerando ou modificando os *drivers* (WOLFF, 2015).

4 O ÁTOMO DE BOHR

No presente capítulo, será abordado o modelo do átomo de Bohr e o seu ensino no nível fundamental da Educação Básica. Para situar o leitor, inicialmente, será abordado o contexto histórico sobre a evolução dos modelos atômicos, bem como seus respectivos criadores.

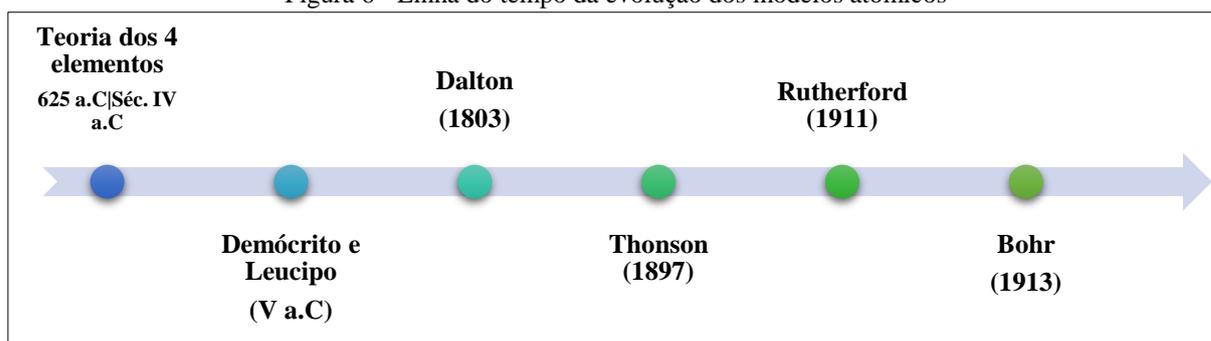
Após, será explanado sobre de que maneira o modelo do átomo de Bohr é representado nos livros didáticos do 9º ano do EF, para que assim, possamos elaborar e compreender como ocorre o ensino e sua abordagem nas salas de aula. Por fim, a última subseção retrata sobre o que é esperado que estudantes do EF aprendam sobre o modelo do átomo de Bohr.

4.1 EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS E O MODELO DE BOHR

Conforme Niaz e Cardellini (2011), a história da estrutura do átomo, desde o final do século XIX e o início do século XX, expõe que os modelos de JJ Thomson, Ernest Rutherford e de Niels Bohr evoluíram em rápida sucessão e ao mesmo tempo, passaram a enfrentar modelos concorrentes.

Em harmonia com Kiray (2016), acreditamos da importância de compreender a evolução histórica do conceito atômico pode fornecer pistas sobre as razões pelas quais é complicado para os alunos compreenderem o conceito de átomos. Posto isso, abaixo segue a linha do tempo (Figura 6) da evolução atômica onde após, será abordado brevemente cada período da evolução.

Figura 6 - Linha do tempo da evolução dos modelos atômicos



Fonte: a pesquisa

Considerando como uma forma de energia, muitos budistas no século VII a.C, acreditavam que toda a matéria fosse formada de átomos. No continente Europeu, pré-atomistas como Empédocles e Anaxágoras, pensavam em partículas de matérias invisíveis de tão pequenas que seriam (ROONEY, 2013).

Empédocles (490 a.C.-430 a.C.), filósofo grego, admitia que todos os objetos e seres seriam constituídos por proporções diferentes de quatro elementos básico, sendo eles: terra, ar, água e fogo. Por mais que essa teoria tenha sobrevivido aproximadamente 2000 anos, um longo período, essa teoria não conseguiu explicar racionalmente os fenômenos químicos (ROQUE; SILVA, 2008).

O atomismo surgiu com os filósofos Leucipo e Demócrito, na Grécia, onde imaginavam que tudo seria constituído por corpos minúsculos, invisíveis e indivisíveis (PARENTE; SANTOS, 2013). Estes dois filósofos gregos são estudados juntamente por não se saber muitas informações acerca do primeiro. Muitos pesquisadores se concentram mais na teoria de Demócrito, não por ser melhor que de seu mestre Leucipo, mas porque sua obra traz mais detalhes, sendo uma quantidade mais extensa e sistemática de escritos (297 fragmentos).

Através do atomismo, Demócrito buscava conciliar a contenda entre os pluralistas e os monistas, representados pelo filósofo Empédocles. Dessa maneira, isso levou o autor a compor sua teoria do átomo não se apoiando em estudos sobre a Física, mas, por ordem da metafísica e lógica. Para o atomismo, de caráter essencialmente materialista, “tudo, à medida que fracionado, poderia se decompor até chegar a uma partícula mínima, a qual seria fisicamente indivisível, denominada átomo (“ἄτομος” - do grego, indivisível)” (SANTIAGO, 2011).

Seguindo a linha do tempo da evolução dos modelos atômicos, após esses filósofos, John Dalton descreveu sua teoria atômica no ano de 1803, abordando que os elementos são formados de átomos idênticos que se combina em razões de números inteiros que formariam compostos químicos (ROONEY, 2013).

Dalton tinha formação em matemática, não em química originalmente, influenciando talvez em sua perspectiva diferente sobre os fenômenos físicos e químicos. Muitos fatores podem ter influenciado Dalton ao elaborar seu modelo atômico, como os trabalhos de Ritchter, o livro de Berthollet (1803-1804) (MELZER; AIRES, 2015).

A teoria atômica elaborada por Dalton foi constituída por uma série de trabalhos publicados por ele, tendo como foco específico as questões relacionadas aos gases e a composição da atmosfera. A construção do seu modelo começou em 1802 com a publicação da 1ª lei das misturas gasosas e terminou em 1810, com a publicação das mudanças teóricas

advindas a partir de 1804, no ano em que Dalton teve um encontro com T. Thomson e W. Henry, em que debateram as bases da sua teoria atômica (MELZER; AIRES, 2015).

No ano de 1897, o físico inglês Joseph John Thomson (1856-1940), por meio do seu trabalho sobre raios catódicos e tubos de Crookes, descobriu o elétron. Em seu trabalho, o físico pode afirmar que os raios viajam mais lentamente que a luz, sendo assim, não podendo fazer parte do espectro eletromagnético. O conceito de que o elétron pertencia ao átomo e que poderia se liberar e operar sozinho acabou anulando a crença anterior de que o átomo era indivisível (ROONEY, 2013).

Em 1904, Thompson propôs seu modelo de átomo, sendo chamado de “pudim de passas”, isso porque se assemelha com um pudim de cravejado com groselhas. O físico descrevia o átomo como sendo uma nuvem de carga positiva pontuada de elétrons. Utilizando como exemplo a terminologia de reutilização de maneira confusa, ele os chamava de ‘corpúsculos’, onde a parte que carregada positivamente permanecia nebulosa, ao mesmo tempo que os elétrons seriam as groselhas definidas, provavelmente orbitando em anéis fixos.

Ernest Rutherford (1871-1937) foi um dos precursores do átomo nuclear, juntamente com Nagaoka. Rutherford produziu um modelo com núcleo minúsculo, denso e cercado de muito espaço vazio e pontuado por elétrons em órbita. Conforme Melzer e Aires (2015), “Rutherford defendia seu modelo como sendo um centro de carga concentrada, rodeado por uma distribuição esférica uniforme de cargas opostas de igual valor”.

Quando Bohr foi trabalhar no laboratório de Manchester ele conseguiu estabelecer uma aproximação com Rutherford. Segundo a biografia de Cockcroft (1963), o físico foi anteriormente trabalhar com Thomson, em Cambridge, onde nas primeiras semanas assistia cursos sobre métodos experimentais em pesquisas sobre radioatividade, mas logo, Niels Bohr se envolveu com fatores relacionados de natureza teórica em que encontravam-se sendo desenvolvidos no laboratório. No ano de 1912, Bohr retornou a Copenhague após seu casamento, parou na cidade de Manchester para entregar a Rutherford um manuscrito no qual estava trabalhando, e após isso retornou para trabalhar na questão em que mais lhe encantava: a instabilidade do átomo de Rutherford diante da eletrodinâmica clássica (TENFEN; TENFEN, 2017).

A partir de seu trabalho intitulado “*On the Constitution of Atoms and Molecules*”, Bohr apresentou pela primeira vez um modelo do átomo construído a partir de fatos experimentais e da hipótese de quantização energia de Max Planck (PARENTE; SANTOS; TORT, 2013). Este trabalho foi publicado em três partes na revista intitulada *Philosophical Magazine* nos meses de julho, setembro e novembro de 1913. Na primeira parte do seu trabalho,

Bohr, é baseado no modelo atômico de Rutherford, logo, apresenta o problema de instabilidade eletrodinâmica, embasado em Planck e a última parte traz de maneira simples a lei do espectro de riscas do hidrogênio (TENFEN; TEFEN, 2017).

Segundo Rooney (2013), o físico Bohr (1885-1962), modificou o modelo de Rutherford no ano de 1913 de tal maneira em que os elétrons conseguiram permanecer em órbita. Este cientista acreditava que as órbitas seriam circulares e fixas, sendo semelhante ao modelo planetário, onde os elétrons seriam como os planetas que orbitariam ao redor do núcleo que representaria o sol no sistema solar. Mas diferentemente do sistema solar os elétrons podem saltar entre as órbitas, liberando ou absorvendo uma energia quântica específica de energia por vez.

Dessa maneira, desde os antigos filósofos gregos, já haviam pensamentos referente do que era composto a matéria. Com o transpassar do tempo, os modelos foram evoluindo e se modificando conforme as novas descobertas científicas. Posto isso, a seguir será apresentado como o modelo do átomo de Bohr está representado em alguns livros didáticos de Ciências do 9º ano do EF.

4.2 A PRESENÇA DO ÁTOMO DE BOHR DIANTE DOS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS DO 9º ANO

No último ano do EF os estudantes têm na disciplina de Ciências uma introdução à Química e à Física. De acordo com o plano de estudos da escola na qual ocorreu a pesquisa, os alunos têm no bloco de conteúdos os seguintes temas: estrutura da matéria, estrutura atômica, reações químicas, funções químicas, misturas, mecânica, termodinâmica, óptica, eletricidade, magnetismo e por fim, ondulatória.

Isto é, no último ano do EF é orientado que os alunos consigam compreender o conceito de átomo, matéria e energia, bem como compreender os diferentes modelos atômicos e a estrutura do modelo atômico atual, conforme o plano de. Posto isso, nos surge o seguinte questionamento? De que maneira o conceito do átomo de Bohr é abordado nos livros didáticos?

Atualmente, os livros didáticos são utilizados pelos professores como um instrumento de apoio para o processo de ensino-aprendizagem (FRISON, 2009), possibilitando a organização dos conteúdos no decorrer do período letivo. De acordo com Forjan e Sliško (2014,

p. 21), os livros didáticos “refletem e implementam o currículo, definem as sequências de conteúdo e explicam as leis da física”, ou seja, podemos presumir que os livros didáticos causam impactos na aprendizagem de cada estudante, no caso da Física, a situação pode ser ainda mais complexa, uma vez que essa disciplina é uma ciência multifacetada e não apresenta possibilidades de subjetividade.

Em harmonia, Basso (2004) acredita que os livros didáticos são certamente um dos materiais mais utilizado pelos professores em salas de aula e, em vista disso, se tem a necessidade de analisa-lo e verificar as condições e as vantagens em que ele pode contribuir para o ensino. Basso (2004) analisou alguns livros didáticos do Ensino Médio sobre o átomo de Bohr em sua pesquisa de doutorado, conforme alguns aspectos, entre eles: o contexto histórico em que o tema está inserido, características gerais do texto, exercícios, ilustrações e a abordagem dada ao assunto.

Baseado na metodologia utilizada por esse autor, iremos analisar brevemente alguns livros didáticos do 9º ano do EF da disciplina de Ciências, buscando compreender como eles abordam o modelo do átomo de Bohr em suas obras literárias, ou seja, iremos verificar como o átomo de Bohr está presente nesses livros didáticos.

Optamos em verificar a presença do átomo de Bohr em nove livros didáticos que foram aprovados pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) no triênio 2017/2018/2019, por serem os livros, que em nossa busca em duas escolas de Canoas e uma de Triunfo, foram os mais utilizados pelos docentes em sala de aula.

Logo, apresentaremos na tabela a seguir (Tabela 1) os 13 livros que foram aprovados pelo PNLD e, em seguida, um breve trecho de cada livro que foi escolhido.

Tabela 1 - Livros didáticos 9º do Ensino Fundamental do PNLD 2017-2019

NOME	EDITORA
Investigar e Conhecer: Ciências da Natureza*	Saraiva Educação
Ciências da natureza. Aprendendo com o cotidiano	Moderna
Projeto Teláris*	Ática
Projeto Araribá*	Moderna
Projeto Apoema*	Editora do Brasil
Ciências Novo Pensar*	FTD
Companhias das Ciências*	Saraiva Educação
Para Viver Juntos*	SM
Universos	SM
Jornadas CIE	Saraiva Educação
Ciências*	Ática
Ciências*	Quinteto
Tempo de Ciências	Editora do Brasil

Fonte: a pesquisa

*Livros selecionados para verificar como é sua abordagem sobre o átomo de Bohr.

Da editora Saraiva, o livro *Investigar e conhecer*, apresenta a evolução dos modelos de átomo mais completa que os demais livros. Apresenta desde Dalton até Bohr, por imagens ilustrativas, destacando as diferenças com o decorrer do tempo. Assim como o livro anterior mencionado, o *Projeto Araribá*, disserta com maiores detalhes, três modelos de átomo: Thomson, Rutherford e Rutherford-Bohr. Cada modelo os autores explanam um breve histórico para situar o leitor e após apresenta lustrações de cada modelo.

O livro *Tempo de Ciências* explana sobre de que forma o físico Niels Bohr propôs o modelo atômico de Rutherford-Bohr em 1913. Explica brevemente sobre as camadas eletrônicas ou níveis de energia e por fim, relaciona o modelo ao explica o aparecimento de cores em um procedimento de laboratório denominado teste de chama. O início de seu capítulo começa com o questionamento sobre os fogos de artifício: Por que os fogos de artifício apresentam cores diferentes? Assim, as próximas páginas são explanadas sobre o que é matéria e após sobre luminescência.

Para viver juntos, livro da editora SM, aborda os elementos e a teoria atômica de Danton trazendo também um breve texto histórico desde os gregos até Dalton. Esse livro não separa os capítulos por Química e física, tenta apresentar ambos em sequência, mas sem discrimina-los. O modelo de Bohr é explanado na página 88-89, explanando o que seria esse modelo e abordando conceitos como luminescência, fluorescência e fosforescência, sendo assim, relacionado com exemplo que os alunos podem ver no seu cotidiano como visto na figura abaixo (Figura 7).

Figura 7 - Exemplos de luminescência



Fonte: Livro Para viver juntos (2017)

O livro didático *Teláris* começa retratando o experimento que E. Rutherford realizou em que consistia no bombardeamento de partículas com carga elétrica positivas. Após, traz o modelo atômico nuclear, um pouco modificado, por N. Bohr. Após traz como curiosidade o conceito de plasma e evidencia de como os modelos foram sendo modificados para melhor compreensão dos fenômenos e por fim, enfatiza que para melhor visualização e entendimento, o modelo de Rutherford-Bohr é o mais utilizado nos livros didáticos.

Novo Pensar, livro da editora FDT abordam sobre as partículas fundamentais do átomo, o seu tamanho, além de explicar sobre a eletrosfera os níveis e subníveis de energia, trazendo ainda uma explicação sobre átomo de Bohr e a emissão e absorção. Ao final do capítulo é dissertado sobre o átomo, história e modelos.

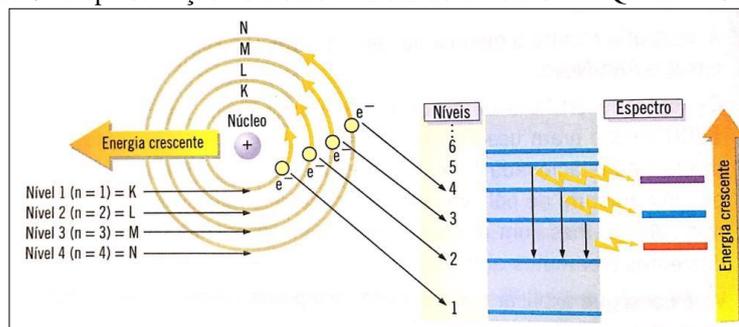
O livro *Cia das Ciências*, da editora Saraiva, traz além da história, relações om o cotidiano para melhor compreensão do átomo de Bohr. Logo no início apresenta uma figura com fogos de artifícios, buscando despertar no aluno a curiosidade obre por que determinados compostos emitem luz com cores diferentes quando são aquecidos. Os autores apresentam o modelo atômico de Rutherford-Bohr, explanando sobre os três postulados de Bohr e as aplicações do modelo Bohr. Assim como outro livro, apresenta o teste de chama e sobre o conceito de luminescência.

Projeto Apoema, da Editora do Brasil, mostra na Unidade II a estrutura atômica da matéria, utiliza das páginas 212-219, o histórico dos modelos atômicos além de, instigar o aluno sobre o que é matéria, abordando objetos do cotidiano dos alunos. Expõe em detalhes os modelos de Dalton, Thomson Rutherford e Bohr. O modelo o átomo de Bohr traz os conceitos das órbitas descritas por Bohr, denominas níveis de energia ou camadas de energia, bem como uma ilustração do modelo de Bohr e a estrutura do átomo.

Ciências, da Editora Quinteto, também aborda o conceito de átomo e sua estrutura trazendo logo no início de seu capítulo um questionamento aos estudantes: Como identificar as lâmpadas fluorescentes? E as lâmpadas incandescentes? Esse questionamento é o que irá introduzir o conceito de átomo, seu histórico e sobre a luminescência. Esse livro ainda desenvolve em algumas páginas sobre o que seria *modelos, como criar modelos?*

Física e Química: Ciências da Editora Ática começa o capítulo com o histórico dos modelos atômicos pela teoria de Dalton. Logo, trazem o modelo de Rutherford-Bohr, explicando sobre os conceitos de número atômico, elétrons, eletrosfera, formação de íons e a identificação de átomos. As camadas da eletrosfera são ilustradas da seguinte maneira (Figura 8):

Figura 8 - Representação do átomo de Bohr no livro Física e Química: Ciências



Fonte: Livro Física e Química: Ciências (2017)

Assim, o modelo do átomo de Bohr, conforme os livros didáticos em que pesquisamos, é muitas vezes baseado na sequência histórica dos modelos evolutivos. Em todos os nove livros que verificamos, os autores retratam, algumas com maior intensidade outros não, a evolução dos modelos atômicos, desde os gregos, atomistas até Niels Bohr. Logo, a presença do átomo de Bohr com exemplos em que os alunos possam associar com o cotidiano são poucos.

4.3 O ENSINO DO ÁTOMO DE BOHR NO ENSINO FUNDAMENTAL

Mas, o que se espera que estudantes do EF compreendam sobre o átomo de Bohr?

De acordo com a BNCC (2017, p. 348), os alunos do 9º ano do EF devem “Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica”, isto é, esses alunos precisam compreender a estrutura da matéria e a importância que os modelos de átomo têm dentro da área temática de Matéria e Energia.

O plano de estudos da escola que participou da pesquisa (Apêndice F) mostra que a disciplina de Ciências do 9º ano do EF tem como objetivo de ensino os conteúdos estrutura da matéria e estrutura atômica, apontando para a necessidade de “compreender o conceito de átomo, matéria e energia” e de conhecer os diferentes modelos atômicos e a estrutura do modelo atômico atual.

Os modelos surgem como a ferramentas facilitadoras no ensino de Ciências. Utilizadas de maneira adequada, estas ferramentas podem gerar resultados positivos no que se refere à compreensão de conceitos científicos. Outro aspecto importante é que ensinar conteúdos relacionados à Física e à Química na Educação Básica é um grande desafio ante o alto nível de abstração dos conceitos abordados (ANDRADE, 2015).

Conforme Justi (2011), a maioria dos alunos pensa que o átomo é exatamente o que está desenhado nos livros. Para aqueles, estes são ampliações da realidade, e o modelo mais atual é perfeito. Logo, Andrade (2015, p. 41) afirma que o uso dos modelos no ensino “ajuda a promover um ensino em que a Ciência faça sentido para o aluno, de modo que esse conhecimento possa ser aplicado em diferentes contextos. Ele envolve o aluno no processo de apropriação do conhecimento”.

Ferreira (2006) ressalta que a utilização de modelos pode contribuir para a apropriação do conhecimento do aluno, visto que ela poderá promover um aprendizado colaborativo e participativo na construção de significados, conceitos e representações. Em síntese, modelos permitem a melhor visualização de conceitos abstratos por meio de estruturas que os alunos exploram, desenvolvendo conhecimentos flexíveis e abrangentes.

A presença do átomo de Bohr nos livros indica a relevância do ensino desse modelo atômico. É a partir dele que se torna possível compreender fenômenos naturais e os demais conceitos de Ciências. Ele também permite apresentar a Física indo-se além da memorização excessiva de equações, com base na relação do que é visto na sala de aula com fenômenos visíveis aos alunos.

Assim, espera-se que os estudantes do EF possam compreender a evolução dos modelos atômicos, como o modelo do átomo de Bohr, por exemplo. Este modelo atômico ajuda a explicar diversos fenômenos naturais. Os livros didáticos, como visto na seção acima, apresentam este modelo aos alunos. Alguns títulos também relacionam o modelo de Bohr com aplicações práticas, como o teste de chama, fogos de artifício, além de fenômenos como a fluorescência e a fosforescência.

5 METODOLOGIA DE PESQUISA E METODOLOGIA DIDÁTICA

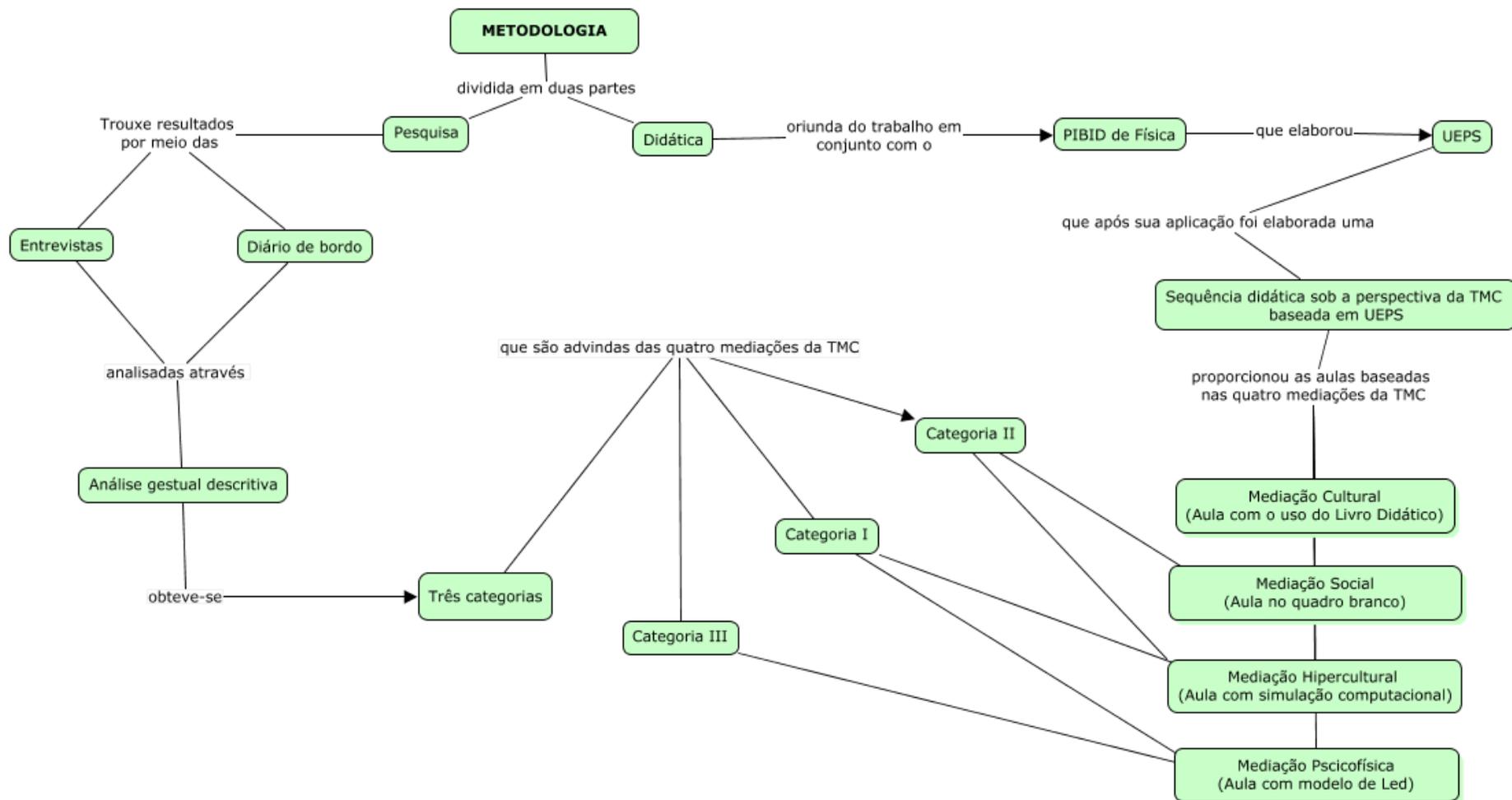
Este capítulo apresenta a metodologia utilizada na presente pesquisa de mestrado. Para fins de clareza, a metodologia foi dividida em duas partes: *metodologia de pesquisa* e *metodologia didática*.

A metodologia de pesquisa trouxe resultados mediante as entrevistas realizadas seguindo o protocolo *Report Aloud* e do diário de bordo dos Pibidianos. Após a análise gestual descritiva os alunos foram separados em três categorias baseadas nas quatro mediações da TMC. A aprendizagem significativa foi verificada mediante as observações dos Pibidianos e entrevistas realizadas com os alunos em 2017 e 11 meses depois, com o término do projeto, em 2018.

A metodologia didática foi fundamentada no trabalho em conjunto com o Pibid com a elaboração e a aplicação de uma sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em Unidades de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). Assim, nessa subseção será apresentado o desenvolvimento do projeto, o que são UEPS e as sequências didáticas que foram propostas.

Para melhor compreensão, abaixo segue um esquema (Figura 9) que sintetiza o processo de pesquisa adotado.

Figura 9 - Esquema do processo e elaboração da metodologia



Fonte: a pesquisa

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

5.1.1 Contexto da pesquisa

A pesquisa foi realizada na Escola Municipal de Ensino Fundamental João Paulo I na cidade de Canoas, região metropolitana de Porto Alegre no ano de 2017. Fundado em 1939, o município é o segundo mais populoso do estado do Rio Grande do Sul, com 323.827 habitantes. O desenvolvimento econômico de Canoas ocorreu com a instalação de indústrias que promoveram o crescimento do município, que hoje tem o terceiro maior produto interno bruto do estado (CANOAS, 2018).

O bairro Harmonia, onde está situada a escola em que foi realizada esta pesquisa, foi aberto oficialmente em 1954, acolhendo diversas pessoas de outras cidades do Rio Grande do Sul. O bairro é composto por alguns loteamentos residenciais, entre os quais a Vila Santo Operário, onde a escola está situada. De acordo com o Diagnóstico Socioterritorial do Município de Canoas/RS realizado pelo ObservaSinô (2016), a Vila Santo Operário sofre com a privação de serviços públicos, contando somente com ONG e o Centro de Referência de Assistência Social (CRAS).

Conforme o INEP (2018), o Indicador de Nível Socioeconômico (INSE) dessa escola é “médio alto”. Esse indicador é calculado com base no nível de escolaridade dos pais, da renda familiar e da posse de bens. O INSE é calculado utilizando-se as seguintes avaliações: Avaliação Nacional da Educação Básica (ANEB), Avaliação Nacional do Rendimento Escolar (ANRESC, ou Prova Brasil, como é conhecida) e o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

A escola tinha um total de 1205 alunos no ensino dos anos iniciais, anos finais e Educação de Jovens e Adultos (EJA) em 2017. O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) foi instituído em 2007 e mostra o fluxo escolar e as médias de desempenho nas avaliações por meio do Censo Escolar. O IDEB desta escola na 8ª série/9º ano do EF tinha como meta o valor de 4,0, mas obteve o valor de 4,7 no ano de 2015 conforme os dados do INEP (2018).

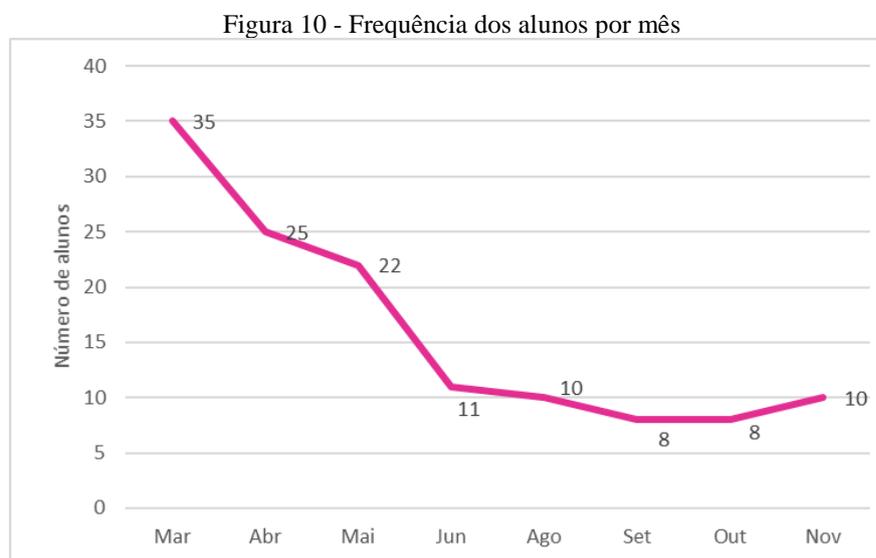
O contexto da realidade dos estudantes participantes desta pesquisa foi essencial para a organização e desenvolvimento do projeto. As características geográficas e socioeconômicas

da escola e dos discentes nortearam o projeto para que assim pudéssemos melhor contribuir com os alunos e a escola.

5.1.2 Sujeitos da pesquisa

Os participantes incluíram alunos convidados pelos Pibidianos e pela professora-pesquisadora desta pesquisa no início de 2017 para fazerem parte do subprojeto de Física do Pibid no turno de aulas da tarde, com encontros semanais. Os alunos convidados tinham entre 13 e 16 anos e eram das turmas do 8º e 9º anos do EF.

A escolha desses alunos se deu pelo motivo do subprojeto Pibid de Física trabalhar com esses dois anos e por estarem no final do nível fundamental. No primeiro mês tivemos a participação de entorno de 35 alunos, mas ao passar de cada mês esse número foi diminuindo, até chegar a média de 8 a 10 alunos por mês. A frequência dos alunos é dada na figura abaixo (Figura 10).



Fonte: a pesquisa

Para a análise de dados foi realizada com base nos resultados obtidos com cinco estudantes. Apresentamos os resultados por meio dos cinco estudantes pelos aspectos éticos que são recorridos. Para a realização da entrevista, apenas estes cinco estudantes tiveram autorização concedida pelos pais e/ou responsáveis de acordo com o Termo de Autorização de

Uso de Imagem, Nome e Voz, Termos de Assentimento Livre e Esclarecido e Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Portanto, estes cinco alunos foram divididos em três categorias segundo suas características após a coleta de dados. As características que foram utilizadas para a categorização foram o uso de *drivers* advindo de uma (ou combinação de mais de uma) das quatro mediações da TMC. Na qual cada categoria representa qual mediação os estudantes mais utilizaram para responder as questões feitas na entrevista.

5.2 METODOLOGIA DE PESQUISA

Nesta pesquisa teve-se a intenção de descobrir as mediações, de acordo com a TMC, que são importantes no ensino do modelo do átomo de Bohr e discutir o modo como elas se combinam no processo de aprendizagem no EF. Além disso, o aspecto/significado do átomo de Bohr foi investigado considerando-se o uso de cada mediação específica, analisando-se se o tempo de uso da mediação influenciou o processo de aprendizagem.

Nesse sentido, para encontrar as respostas à pergunta da pesquisa, utilizamos uma abordagem qualitativa baseada nas pesquisas de Erickson (1986).

Erickson (1986) prefere chamar a pesquisa qualitativa de interpretativa, pois acredita que ela é preponderantemente inclusiva. O pesquisador optou por utilizar esse termo por três motivos principais:

[...] (a) É mais inclusivo do que muitos dos outros (por exemplo, etnografia, estudo de caso); (b) evita a conotação de definir essas abordagens como essencialmente não quantitativas (uma conotação que é realizada pelo termo qualitativo), uma vez que a quantificação de tipos particulares pode ser empregada no trabalho; E (c) aponta para a característica-chave da semelhança familiar entre as várias abordagens - interesse da pesquisa central no significado humano na vida social e na sua elucidação e exposição pelo pesquisador (ERICKSON, 1986, p.119, tradução nossa).

Esse autor ainda evidencia as principais finalidades da abordagem qualitativa em pesquisas voltadas à educação, as quais incluem a compreensão do fenômeno segundo a perspectiva dos atores mediante a participação em suas vidas, o foco nos significados e experiências, a ênfase em ações em lugar da ênfase em comportamentos. Isto é, enfatiza-se sobretudo a observação do local em que a pesquisa será realizada, indagando-se, por exemplo, “O que essas ações significam?” ou “O que está acontecendo aqui?” (ERICKSON, 1986).

Tais questionamentos levam os pesquisadores a observar e buscar compreender o significado do local da experiência e das ações transcorridas nele, para que seja possível melhorar a compreensão dos resultados e conseguir desenvolver a pesquisa de acordo com a realidade da escola, tal como na presente pesquisa.

Na trilha de Erickson (1986), buscamos, durante a pesquisa, um olhar diferente sobre a escola. Nesse sentido, nossa abordagem ultrapassa nossa visão, qual seja, a visão de professores-pesquisadores, buscando-se também compreender a visão que os Pibidianos tinham da escola, das atividades e dos alunos, e compreender as ações realizadas no contexto escolar.

Por isso foi constante a busca por manter contato com a supervisora da escola e com a equipe gestora, para que assim pudéssemos entender como vivem os alunos da escola, inclusive as contribuições que o projeto poderia trazer a seu desenvolvimento e as colaborações que ele poderia deixar para a escola e os alunos.

Erickson (1986) explicita ainda que a investigação precisa ser extremamente minuciosa e reflexiva. Deve-se observar e descrever eventos cotidianos no cenário do campo. Nesse caso, esses eventos são os que ocorrem na escola, em especial na sala de aula, pois com o intuito de reconhecer os significados dessas ações no evento, é importante ter a noção do ponto de vista dos próprios autores.

Em nossa pesquisa, segue-se as orientações e sugestões dadas por Erickson, buscando observar detalhadamente o contexto da escola, os docentes e os discentes, como também as ações que ocorrem nela. Utiliza-se diversos meios para coleta de dados, como por exemplo, trabalhos dos alunos, áudio, vídeo, fotos e registros. Os dados são coletados com fotos, vídeos, trabalho dos alunos e o diário de bordo.

Fotos e vídeos curtos são registrados no decorrer da aula e, principalmente, durante a execução das experiências. Alguns trabalhos/relatórios dos alunos são digitalizados e debatidos pela professora-pesquisadora e os Pibidianos. Mas um dos principais instrumentos de coleta de dados é o diário de bordo dos Pibidianos, o qual contém o registro das aulas em grande detalhe e, de maneira especial, o modo como os alunos participam na aula. Por fim, a entrevista é realizada no final projeto seguindo o protocolo *Report Aloud*.

5.2.1 Análise de dados: entrevista com o uso do protocolo *Report Aloud*

O protocolo *Think Aloud* consiste em convidar o indivíduo, isto é, o entrevistado no presente estudo, a falar em voz alta enquanto resolve um problema/questão. Esse convite pode ser repetido durante o processo de resolução de problemas/questões segundo a necessidade, incentivando o sujeito a dizer o que está pensando naquele exato momento (VAN SOMEREN; BARNARD; SANDBERG, 1994).

O objetivo desse protocolo é o de convidar o entrevistado a expressar quaisquer pensamentos que lhe venham à mente, sem interrupções ou sugestões. Dessa forma o sujeito, conforme Van Someren, Barnard e Sandberg (1994), é encorajado a dar continuidade a seus pensamentos durante o processo de solução de um problema, esclarecendo, a quem o está entrevistando, as maneiras e meios que utilizou para solucionar a questão sobre a qual foi questionado.

Nesta pesquisa utilizamos a adaptação da técnica *Think Aloud* (VAN SOMEREN; BARNARD; SANDBERG, 1994) e o protocolo *Report Aloud* (RAMOS, 2015). A diferença entre os métodos é que no *Think Aloud* o entrevistador e o entrevistado mantêm um constante diálogo a respeito do que o entrevistado está pensando durante a execução de uma tarefa, isto é, enquanto o estudante responde ao questionário ele pensa em voz alta. Já no *Report Aloud* o estudante reporta ao entrevistador o seu processo de pensamento enquanto responde às questões. O estudante resolve as questões e, somente depois de finalizá-las, reporta o seu processo de pensamento.

Ao analisarem-se os trabalhos de Ramos (2015), Wolff (2015) e Trevisan (2016), os quais usaram a técnica *Report aloud*, é possível observar que, por mais que tenham se passado alguns dias entre a resolução dos problemas e a realização da entrevista, ao se encontrar com as suas respostas, o aluno é capaz de lembrar os detalhes mais importantes que o guiaram a essas conclusões, reportando-as ao entrevistador.

Quanto aos aspectos éticos da pesquisa, por se tratarem de participantes menores de idade, os responsáveis pelos estudantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice E) e Termo de autorização de uso de imagem, nome e voz (Apêndice D) autorizando seus filhos (ou menor sob sua guarda) a participarem da pesquisa. Os estudantes autorizados (5 estudantes) por seus responsáveis e que optaram por participar assinaram um Termo de Assentimento Livre Esclarecido (Apêndice C). Esta pesquisa foi aprovada pelo

Comitê de Ética em Pesquisas em Seres Humanos da Universidade Luterana do Brasil, via plataforma Brasil, sob o número CAAE: 73831517.9.0000.5349.

5.2.2 Análise gestual descritiva

O procedimento que escolhemos para a análise dos dados foi utilizado em pesquisas anteriores, como os trabalhos de Wolff (2015), Ramos (2015) e Trevisan (2016), por exemplo. Essas pesquisas se fundamentaram na existência de um vínculo entre gestos descritivos e imagens mentais.

Conforme Clement (1994) existem dois tipos básicos de gestos. O primeiro descreve imagens mentais dinâmicas, isto é, imagens mentais em situações de movimento. O segundo tipo inclui gestos relacionados a imagens mentais estáticas, como imagens em situações de repouso.

O primeiro tipo de gesto pode ser observado no momento em que, por exemplo, um aluno realiza um movimento representando o salto de um elétron de uma órbita de maior energia para uma de menor energia. O segundo tipo de gesto pode ser o estático, no qual um movimento é possível, sem que, contudo, esse movimento represente algo. Um exemplo interessante é visto quando um aluno utiliza dois dedos para representar o tamanho do elétron sem, contudo, realizar um movimento nessa representação.

De acordo com Monaghan e Clement (1999), o movimento das mãos pode ser indicador das imagens mentais que os estudantes vislumbram no momento em que respondem a uma questão. O gesto seria uma maneira de externar o que se passa em sua mente naquele instante.

Portanto, por meio dos gestos realizados pelos alunos durante a entrevista foi possível relacionar conhecimentos implícitos que, nesta pesquisa, chamamos de *drivers*, os quais existem na estrutura cognitiva desse aluno.

5.3 METODOLOGIA DIDÁTICA

A metodologia didática desenvolvida e aplicada neste projeto consistiu na elaboração de UEPS (Unidades de Ensino Potencialmente Significativas) e da *Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS* para ser utilizada no EF. Essas sequências didáticas foram criadas e aplicadas pelos pesquisadores dessa pesquisa com a colaboração dos Pibidianos.

Nesse sentido, esta seção descreve o desenvolvimento do projeto, o que são UEPS e por fim, as Sequências didáticas sob a perspectiva da TMC baseadas em UEPS que foram utilizadas na pesquisa.

5.3.1 Desenvolvimento do projeto

O subprojeto Pibid de Física foi dividido em duas fases específicas durante o ano de 2017 com relação ao conteúdo desenvolvido. Após cada fase, dados foram coletados por meio de entrevistas e após foram analisadas conforme a análise gestual descritiva (MONAGHAM; CLEMENT, 1999).

A primeira fase ocorreu com o total de 25 encontros, na qual foi abordado o conteúdo de “*Ondas eletromagnéticas*”. Nas primeiras aulas foram realizadas experiências utilizando-se materiais facilmente disponíveis e *smartphones* para despertar a curiosidade e o interesse de permanecer no projeto, além de motivá-los a divulgar a iniciativa para colegas. Nessa fase foi possível observar que os alunos esqueciam muito os conteúdos de uma semana para outra, logo, optamos em elaborar uma sequência didática que possibilitasse aos estudantes em relembrar os conteúdos estudados anteriormente por meio de atividades diferenciadas.

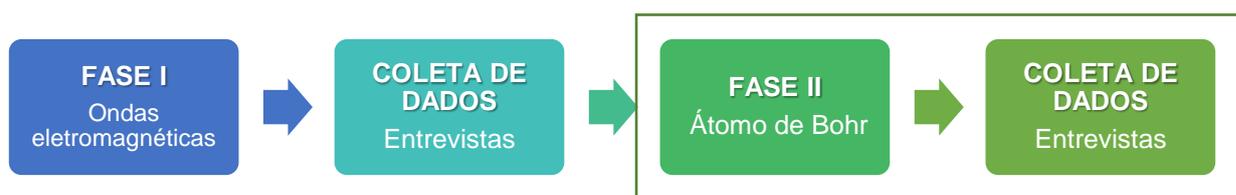
A segunda fase aconteceu durante os meses de setembro e novembro totalizando 10 encontros. Esses encontros foram pensando e elaborados conforme as necessidades que foram apontadas na primeira fase. A segunda fase contou como o “*Átomo de Bohr*” como tema central do projeto, na qual elaboramos uma sequência didática baseada em UEPS (que foi utilizada na fase I do projeto) e nas mediações da TMC. Essa sequência didática, que será melhor explanada a seguir, foi proposta visto o que observamos na fase I. Logo, a Fase I foi essencial para

conhecermos os alunos e sua realidade, possibilitando assim uma melhor dimensão do que poderíamos realizar na Fase II da pesquisa.

Assim, por mais que tenha ocorrido 35 encontros, na presente dissertação de mestrado será abordado apenas os 10 encontros (Fase II), em que foi abordado o Átomo de Bohr.

A figura abaixo (Figura 11) ilustra o esquema de desenvolvimento do subprojeto Pibid em 2017.

Figura 11 – Esquema sobre as etapas da pesquisa



Fonte: a pesquisa

Abaixo é fornecida uma tabela (Tabela 2) com o cronograma da segunda fase na qual foi aplicado a sequências didáticas.

Tabela 2- Cronograma de atividades do subprojeto Pibid de Física 2017 (Fase II)

ENCONTRO	DATA	ATIVIDADE
26º	26/09	Composição da matéria/Átomo de Bohr
27º	03/10	Experimento câmara escura
28º	10/10	Construção do átomo de Bohr (cartolina) – Psicofísica
29º	17/10	Confecção espectro eletromagnético em (cartolina) – Psicofísica
30º	24/10	Construção do átomo de Bohr (velcro) e uso do livro didático- Psicofísica e Cultural
31º	31/10	Atividade usando os modelos anteriores e após, uso da simulação computacional (<i>HighEducation</i> , 1h) – Hipercultural
32º	07/11	Aula cancelada – Passeio
33º	14/11	Explicação do átomo de Bohr no quadro-Mediação Social Utilização do modelo de LED Uso do app <i>SpectraUPB</i>
34º	21/11	Entrevistas
35º	28/11	Avaliação das UEPS

Fonte: a pesquisa

5.3.2 Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)

Uma UEPS é uma sequência didática fundamentada em teorias de aprendizagem, em especial, a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Uma UEPS tem o objetivo de ajudar a modificar a situação em que se encontra o ensino em muitos casos, como observado em práticas didáticas baseadas na memorização de conteúdo que promovem a aprendizagem mecânica, não a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011).

Conforme Moreira (2011) o objetivo dessa sequência didática é de desenvolver “unidades de ensino potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental”. Abaixo citamos alguns princípios que julgamos importantes e utilizamos em nossa pesquisa e elencados pelo autor da UEPS como sendo fundamentais para a elaboração e aplicação das UEPS em sala de aula.

- Conhecimento prévio é a variável com maior potencial de promover a aprendizagem significativa;
- Pensamentos, sentimentos e ações podem ser importantes no processo de ensino;
- Organizadores prévios são importantes na conexão entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- Situações-problema dão sentido ao novo conhecimento, despertando a intencionalidade do aluno; é papel do professor promover essas situações-problema;
- Interação social e linguagem são fundamentais na captação de significados.

A construção da UEPS segue oito aspectos sequenciais (etapas), as quais podem ser adaptadas conforme o docente achar necessário. Primeiramente, deve-se definir o objetivo da sequência didática; após as etapas da UEPS são implementadas. O primeiro passo da UEPS é determinar o tópico que deverá ser desenvolvido, o que deverá revelar seus aspectos declarativos e procedimentais. Essa etapa é chamada de *Situação Inicial*.

As *situações-problema*, as quais formam a segunda etapa, compreendem a criação/proposição de situações como, por exemplo, o uso de questionário, discussões, mapa conceituais que proporcionem ao aluno uma oportunidade de externar conhecimento prévio, pois podem ser empregados como organizadores prévios.

A terceira etapa, o *aprofundamento de conhecimento*, é desenvolvida pelo docente com seus alunos utilizando o quadro negro, *slides* ou algum recurso didático. Essa etapa é aquela na qual o professor deverá explicar o conceito a ser ensinado com base na UEPS, com

maior ênfase nos conhecimentos prévios do aluno que puderam ser observados nas etapas anterior da UEPS.

A *nova situação-problema* possibilita aos alunos uma aula expositiva-dialogada, na qual o professor poderá utilizar algumas estratégias para propor uma situação-problema que possibilite aos alunos usarem conhecimentos prévios juntamente com os novos conhecimentos explanados na etapa anterior em situações mais complexas.

Moreira (2011) ainda sugere envolver os alunos em atividades que sejam possíveis em uma interação social, como trabalhos em grupo, por exemplo que tenham o docente que está aplicando a UEPS como mediador, não um transmissor de conhecimentos.

A partir da quinta etapa da UEPS o procedimento se voltou para a avaliação, seja para o aluno, seja para a toda UEPS. A *Avaliação somativa individual* pode ser realizada ao longo dessa etapa, conforme é realizada, quando são registrados os aspectos que possam ser considerados evidência de aprendizagem significativa. Na finalização da UEPS, isto é, a sexta etapa, chamada de *aula expositiva final*, é possível revisar todos os conceitos estudados ou aqueles que sejam considerados pelo professor os mais adequados aos alunos.

A sétima e oitava etapa da UEPS são respectivamente, *avaliação da aprendizagem da UEPS* e *avaliação da própria UEPS*. Essas etapas compreendem a avaliação da aprendizagem significativa. Sabe-se que, para que a aprendizagem não seja mecânica ela deve ser progressiva, quando o domínio de um campo conceitual é progressivo com base não em comportamentos finais, mas em evidências observadas ao longo da implementação da UEPS.

Conforme Moreira (2011), o conhecimento prévio é a variável que exerce a maior influência na aprendizagem significativa, e os organizadores prévios demonstram a racionalidade entre os novos conhecimentos e os conhecimentos prévios do aluno.

A nova situação-problema proposta ao aluno confere sentido ao novo conhecimento exposto na etapa anterior à UEPS. Assim, a UEPS propicia a aprendizagem significativa crítica, ao estimular a busca por questionamentos em lugar da memorização de conteúdo. A avaliação tal qual sugerida na UEPS contribui para que os alunos tenham o retorno de sua aprendizagem no decorrer de cada atividade, não apenas ao final delas. Conforme Griebeler (2012):

O desempenho dos estudantes não fica restrito a uma prova final e eles podem avaliar sua própria aprendizagem ao longo do período, aumentando sua confiança e possibilitando que procurem outras fontes sobre o assunto, troquem informações e questionem o professor (GRIEBELER; 2012, p. 60).

Por essa razão, acreditamos que o uso de UEPS em nossa pesquisa representou uma metodologia inovadora capaz de auxiliar os estudantes a desenvolver a aprendizagem significativa. Em sua pesquisa de doutorado, Schittler (2015) afirma que, mesmo sem evidência

de aprendizagem significativa, as atividades trabalhadas na UEPS promoveram a disposição dos educandos de aprender nas aulas de Física. Dito de outro modo, esse método de ensino auxilia os alunos na vontade de aprender que, conforme Ausubel (1980), é essencial para a aprendizagem significativa.

5.3.3 Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS

A *Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS* foi elaborada depois de observarmos alguns aspectos relacionados à metodologia utilizada durante a Fase I do subprojeto Pibid de Física. Percebemos que os alunos esqueciam os conteúdos de uma semana para a outra, e que se portavam com significativa agitação quando as aulas se tornavam muito teóricas. Dessa forma, elaboramos uma Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS composta de quatro etapas sequenciais voltadas para estudantes do EF.

A elaboração dessa sequência didática foi baseada na UEPS, em seus oito passos sequenciais, e principalmente em alguns princípios discutidos por Moreira (2011). Sabe-se que o conhecimento prévio é fundamental para uma aprendizagem significativa. Dessa forma, pensamos em estruturar a primeira etapa dessa Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS com atividades que possibilitassem aos alunos discorrerem sobre o que já sabem acerca do conteúdo a ser desenvolvido. Além disso, foram incluídas atividades que permitiram aos alunos retomar conteúdos anteriores, pois notamos que eles esqueciam rapidamente o novo conhecimento aprendido, de uma semana para outra. Logo, essa atividade foi também realizada como organizador prévio.

Os pensamentos, sentimentos e ações dos alunos eram levados em consideração em todas as situações, como conversas informais no recreio, por exemplo, quando perguntávamos o que pensavam da aula, o que lhes agradava e o que poderia ser modificado. Com base nas respostas, modificávamos as atividades para que estas fossem interessantes aos alunos, o que promoveu a vontade de aprender que, conforme Ausubel, é um dos fatores que permeiam a aprendizagem significativa.

As atividades foram efetuadas sempre em grupo para promover a interação entre os alunos e abrir uma oportunidade de se questionarem durante o aprendizado, gerando a troca de conhecimentos e experiências.

Abaixo é descrita a Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS que foi elaborada no decorrer da pesquisa.

1. Situação inicial: Apresentação de situações mediante *play activities*³, cujo objetivo é fazer os alunos recordarem e expressarem os conceitos desenvolvidos na aula anterior.

2. Explicação do conteúdo: Introdução do conceito a ser desenvolvido em aula utilizando slides, quadro negro ou materiais para exemplificação do conteúdo.

3. Atividade por meio das mediações da TMC: Atividades práticas embasadas em uma das quatro mediações da TMC.

4. Avaliação da aprendizagem e da sequência didática: uma aula poderá ser desenvolvida com base em algum tipo de atividade individual, com debates, trabalhos após a aula, *play activities* ou anotações dos professores referentes à participação dos alunos, por exemplo.

A primeira etapa da sequência didática tem como objetivo auxiliar os estudantes a relembrem os conceitos estudados anteriormente. Para alcançar esse objetivo, e diante da faixa etária dos alunos, optou-se em utilizar atividades nas quais denominamos de “*play activities*”, em que por meio de brincadeiras é possível desenvolver os principais conceitos.

A segunda etapa se constitui da explicação do conteúdo por meio da utilização de *slides* ou do quadro branco, de acordo com a escolha dos professores. A terceira etapa, à luz da TMC, traz como intuito a elaboração de alguma atividade baseada em uma das quatro mediações da TMC. Por meio dessa atividade, busca-se explicitar o conceito a ser ensinado conforme uma das mediações.

Por fim, a quarta etapa tem como foco verificar, por meio de observações dos professores, entrega de relatórios e participação dos alunos, de que maneira a sequência didática pode contribuir no processo de aprendizagem dos alunos. Assim, para melhor compreensão sobre a sequência didática, o diagrama a seguir esclarece a Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS elaborada para aplicação no EF (Figura 12).

³ *Play activities* são atividades que eram baseadas em brincadeiras com o objetivo de lembrar aos alunos conteúdos de aulas passadas, bem como os conteúdos que seriam abordados na aula com o intuito de instigar eles. Exemplos de *play activities* são: jogo da forca, STOP e quiz.

Figura 12 – Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS



Fonte: a pesquisa

No quadro 1 é possível observar a primeira Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS que foi elaborada. Essa primeira sequência foi aplicada no 24º encontro como uma maneira de teste tendo como tema Raios Gama.

Quadro 1 - Exemplo da Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS

EXEMPLO da Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS
Radiação Raios Gama – 24º Encontro (teste da Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS).
<p>1. Situação inicial: Nesta primeira parte da aula, os alunos irão realizar uma atividade no estilo “<i>play activities</i>”. A atividade lúdica desta primeira aula será denominada como “Espectro Game”, os alunos serão sorteados e divididos em que fiquem em 6 grupos. Cada grupo representará uma das divisões do espectro (Rádio, Micro-ondas, Infravermelho, Luz visível, ultravioleta e Raios X). Sobre o “Espectro game”: a atividade lúdica será dividida em 3 etapas.</p> <p>1ª etapa: cada grupo deverá demarcar no quadro onde que a sua faixa se localiza ao longo do espectro eletromagnético, conforme a frequência.</p> <p>2ª etapa: cada grupo deverá explicar, com suas concepções o conceito acerca de sua faixa, apresentando como a mesma se origina.</p> <p>3ª etapa: neste momento os grupos deverão apresentar exemplos de aplicações para sua determinada faixa, preferencialmente apresentando algum experimento realizado em aula.</p> <p>Em seguida os Pibidianos irão revisar brevemente todo o espectro eletromagnético através de imagens nos slides e quadro. Finalizando está primeira parte da aula, os Pibidianos irão questionar os alunos sobre: <i>Como funciona um laser? O espectro está completo?</i></p>
<p>2. Explicação do conteúdo: Nesta etapa ocorrerá a introdução dos raios gama, onde através do uso de Power Point será explicado utilizando imagens e cenas de filmes conhecidos pelos alunos como “O incrível Hulk” e “De volta para o Futuro”. As cenas serão utilizadas tanto para exemplos como para analogias. Juntamente com os raios gama será abordada a questão de materiais radioativos e processos de geração de energia ligados aos mesmos.</p>
<p>3.1 Atividade por meio das mediações da TMC (1): Após a explicação e diferenciação dos raios alfa, gama e beta, juntamente com a capacidade de penetração de cada tipo de radiação, os alunos serão questionados da seguinte forma “ <i>Se você tivesse três pedras radioativas, uma delas emitindo os radiação gama, uma segunda emitindo radiação beta e uma terceira emitindo radiação alfa; e dentre estas três tivesse que escolher uma para arremessar, outra para manter na mão a terceira para manter no bolso; onde estaria cada pedra? Por quê?</i>”. As respostas serão entregues em uma folha, sendo esta uma atividade individual.</p>

3.2 Atividade por meio das mediações da TMC (2): Os alunos serão divididos em 4 grupos, onde serão apresentadas 4 garrafas numeradas para os mesmos, duas delas contendo água tônica e outras duas contendo água com gás. O objetivo será verificar quais delas possuem a “*quinquina*” em sua composição química, através da construção do adaptador para o flash de celular com fita adesiva e marcador permanente. A atividade será contextualizada, onde cada grupo de alunos representará um grupo de cientistas a procura do material radioativo para alimentar a sua usina, este suposto material radioativo teria em sua composição a quinquina. Após o término do experimento será realizada um pequeno debate afim de averiguar quais grupos ficaram com as garrafas de água gaseificada e qual ficaram com as de água tônica.

4.Avaliação da aprendizagem e da sequência didática: Ocorrerá através da análise das respostas das etapas 3.1 e 3.2.

Fonte: a pesquisa

A seguir serão expostas as seis sequências didáticas elaboradas pelos pesquisadores e Pibidianos aplicadas no segundo semestre de 2017. As descrições de cada encontro, bem como imagens, trechos do diário de bordo e demais reflexões sobre o encontro estarão presentes no capítulo referente aos resultados da metodologia didática (6.5).

O quadro 2 traz a segunda sequência didática aplicada na pesquisa. O objetivo era se apresentar e construir com os alunos o conceito do átomo de Bohr, mediante a pergunta: “Do que são feitas as coisas?”

Quadro 2 - Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS: “Do que são feitas as coisas?”

SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOB A PERSPECTIVA DA TMC BASEADA EM UEPS
 “Do que são feitas as coisas?” (mediação social) - 26º Encontro

Objetivo: Construir o conceito do átomo de Bohr juntamente com os estudantes.

1.Situação inicial: A aula será iniciada com uma revisão sobre o conceito de luz visível, onde serão utilizados super-heróis e animais para uma melhor exemplificação de diferenciação relativa do visível e do não visível de acordo com o espectador. Em seguida ocorrerá uma atividade introdutória chamada de “*Do que as coisas são feitas as coisas?*” A qual poderá ser realizada em dupla ou individualmente e consiste no sorteio de um determinado objeto ou alimento e a partir deste sorteio, o aluno deve procurar expressar com suas palavras do que o determinado objeto é feito. Após descrever do que o objeto é feito o aluno deve selecionar um dos componentes e explicar a origem do mesmo, este processo irá continuar até que se chegue na ideia do Átomo.

2.Explanação do conteúdo: Nesta etapa será apresentado e definido o conceito do átomo de Bohr, partindo da análise da evolução dos modelos atômicos. Em seguida serão pontuadas as características do átomo de Bohr, juntamente com a apresentação e explicação dos postulados para o modelo de Bohr e com o processo para a emissão de luz.

3.Atividade por meio das mediações da TMC: Assim que apresentadas as características do modelo de Bohr, os alunos terão que classificar as cores emitidas pelo átomo de acordo com a camada na qual a mesma é gerada. O desenho irá conter círculos na sequência de cores do espectro de luz vivível partido do núcleo para as extremidades que será realizado no quadro. Esta atividade objetiva a ligação de cores a quantidade de energia.

4.Avaliação da aprendizagem e da sequência didática: A avaliação se dará por meio da observação dos Pibidianos durante a aula.

Fonte: a pesquisa

O quadro 3 traz a sequência didática em que foi desenvolvida a construção do átomo de Bohr por meio da mediação psicofísica.

Quadro 3 - Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada EM UEPS - Construção do modelo do átomo de Bohr (mediação psicofísica)

SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOB A PERSPECTIVA DA TMC BASEADA EM UEPS
Construção do modelo do átomo de Bohr (mediação psicofísica) – 28º e 29º Encontro
<p>Objetivo: Construir modelos palpáveis do átomo de Bohr e do espectro visível.</p> <p>1.Situação Inicial/problema: A aula será iniciada com a realização de um jogo da força. Este jogo irá trazer termos que irão remeter ao átomo de Bohr, dentre eles: espectroscopia, astroquímica, astrofísica, camadas eletrônicas, eletrosfera, elétrons, prótons, nêutrons e átomo de Bohr. Esta atividade será realizada com o intuito de trazer à tona conceitos já trabalhados em aulas anteriores e apresentar tópicos a serem trabalhados em aulas futuras.</p> <p>2.Explanação do conteúdo: O modelo atômico de Bohr será revisado com os alunos, tanto em sua forma como composição e postulados. Durante a revisão também será passado um vídeo para tornar a exposição mais descontraída (https://www.youtube.com/watch?v=X7o8Sdm7HA4).</p> <p>3.Atividade por meio das mediações da TMC: Nesta etapa ocorrerá a construção do modelo atômico de Bohr de forma física e palpável, utilizando fios condutores, bolinhas de isopor, tinta e fita adesiva. Logo em seguida será pintado o espectro visível em uma cartolina, durante a pintura serão ressaltados os conceitos relacionados ao espectro visível como cor e frequência. Para encerrar será desenvolvido um terceiro modelo o qual irá apresentar a relação entre o espectro visível e o átomo de Bohr (http://kamiotaku.files.wordpress.com/2011/01/010211_0005_estudodefri8.png?w=510). Como este modelo servirá de base para futuras explicações sobre a emissão de fótons e suas determinadas frequências.</p> <p>4.Avaliação da aprendizagem e da sequência didática: A avaliação se dará por meio da observação dos Pibidianos durante a aula.</p>

Fonte: a pesquisa

No quadro 4 é exposto a sequência didática em que foi trabalhado com os alunos as mediações cultural e psicofísica.

Quadro 4 - Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS - Construção do modelo do átomo de Bohr (mediação psicofísica) e o uso de livros didáticos (mediação cultural)

SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOB A PERSPECTIVA DA TMC BASEADA EM UEPS
Construção do modelo do átomo de Bohr (mediação psicofísica) e o uso de livros didáticos (mediação cultural) – 30º Encontro
<p>Objetivo: Realizar as explicações do modelo atômico de Bohr utilizando vídeos, um modelo com velcro e o uso com livros didáticos</p> <p>1.Situação inicial: Inicialmente será realizado um jogo de perguntas e respostas denominado “Quiz do átomo”, o qual terá como tema o átomo de Bohr. Para a realização do mesmo a turma será dividida em dois grupos, os quais competirão respondendo às perguntas do jogo. O Quiz contará com perguntas de múltipla escolha, verdadeiro ou falso e questões apenas explicativas.</p> <p>2.Explanação do conteúdo: Seguido do Quiz serão apresentados dois vídeos curtos com duração média de 17 minutos juntos, os quais tratam sobre questões históricas e físicas relacionadas ao modelo de Bohr. Disponíveis em: https://youtu.be/58xkET9F7MY e https://youtu.be/OSkUs7VBII4?t=135</p> <p>3.Atividade por meio das mediações da TMC: Nesta etapa inicialmente será desenvolvido pelos alunos um modelo para explicar o átomo de Bohr que tem como seu principal material o velcro. Este modelo simples será muito interativo e fácil de se utilizar tendo os elétrons e o fóton como componentes móveis e o núcleo fixo no centro. Trabalhando com o velcro é possível movimentar os componentes do modelo de forma muito simples, facilitando explicações e a utilização do mesmo pelos alunos. A última etapa das explicações consistirá na realização de um trabalho em grupo pelos alunos, no qual quatro grupos receberão cada um, um diferente livro de ciências. Os alunos terão que apresentar as principais características e tópicos abordados com referência ao átomo de Bohr no livro didático; assim como verificar tópicos relacionados ao modelo de Bohr, mas não mencionados no livro.</p> <p>4.Avaliação da aprendizagem e da sequência didática: Observações dos professores durante a aula.</p>

Fonte: a pesquisa

No 31º encontro a mediação que foi utilizada na terceira etapa da sequência didática foi a mediação social. No quadro 5 está a sequência didática com as 4 etapas propostas.

Quadro 5 - Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS - Simulação Computacional (mediação hipercultural)

SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOB A PERSPECTIVA DA TMC BASEADA EM UEPS
Simulação Computacional <i>The Bohr Atom</i> (mediação hipercultural) – 31º Encontro
<p>Objetivo: Expandir os conhecimentos referentes a absorção e emissão de energia baseadas no modelo atômico de Bohr mediante a interação com um simulador do modelo atômico de Bohr.</p> <p>1.Situação inicial: Nesta etapa ocorrerá a retomada dos conceitos relacionados ao modelo atômico de Bohr. Esta retomada ocorrerá primeiramente com a utilização de uma modelo palpável construído em aula com a ajuda dos alunos; este que tem partes com velcro para que seja possível manipulá-lo. Em pequenos grupos os alunos terão pequenos desafio a serem executados e perguntas a serem respondidas.</p> <p>2.Explanação do conteúdo : Em um segundo momento serão apresentados trechos de vídeos (https://www.youtube.com/watch?v=DC3yLdHEe7k&t=202s e https://www.youtube.com/watch?v=OSkUs7VBII4&t=291s) que tragam explicações sobre o modelo de Bohr. Em seguida das</p>

exibições dos vídeos serão revisados os conceitos de frequência e de comprimento de onda, os mesmos serão utilizados para um melhor entendimento do simulador.

3. Atividade por meio das mediações da TMC: Esta etapa será voltada ao uso do simulador. Durante este processo será usado um roteiro experimental pautado na metodologia POE (Predizer – observar – explicar). O roteiro conta com quatro atividades, descritas passo a passo para que os alunos de forma bem direcionada utilizem o simulador e obtenham os resultados esperados.

4. Avaliação da aprendizagem e da sequência didática: Ocorrerá através da análise das respostas presentes nos roteiros utilizados na simulação e evidência apresentadas pelos alunos ao longo da aula.

Fonte: a pesquisa

Por fim, no quadro 6, apresenta-se a sequência didática que teve as mediações, social e psicofísica, como principais.

Quadro 6 - Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS - Átomo de Bohr (mediação social) e utilização do modelo de LED (mediação psicofísica)

SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOB A PERSPECTIVA DA TMC BASEADA EM UEPS

Átomo de Bohr (mediação social) e utilização do modelo de LED (mediação psicofísica) –
33º Encontro

Objetivo: Desenvolver os conceitos relacionados ao modelo atômico de Bohr utilizando o quadro e o modelo de LED.

1. Situação inicial: A aula será iniciada com o jogo de “STOP”, onde os alunos terão como objetivo recordar de termos citados em aulas anteriores que iniciem com a letra selecionada. Além de palavras relacionadas aos conceitos trabalhados serão solicitados da mesma forma nomes de cores que iniciem com a letra selecionada.

2. Explicação do conteúdo: Nesta etapa os Pibidianos se aterão ao quadro para explicar os conceitos e o funcionamento do modelo atômico de Bohr. Explicaremos no quadro de onde ele tirou suas ideias e o que queria explicar com este novo modelo, explicaremos os saltos dos elétrons que em determinada ocasião acontece algo diferente. Explicaremos isso para os alunos, junto com uma explicação de que cada camada energética produz diferente tons de luz quando ele pula de uma camada mais energética para uma menos energética.

3. Atividade por meio das mediações da TMC: Durante esta etapa será realizada a explicação do modelo atômico de Bohr utilizando o modelo psicofísico desenvolvido pelos Pibidianos. Através do mesmo será feita não somente a explicação, mas também será possível que os alunos utilizem do mesmo; desenvolvendo assim um contato papável e observável com o objeto de estudo.

4. Avaliação da aprendizagem e da sequência didática: Ocorrerá através de evidências obtidas em aula pelos Pibidianos.

Fonte: a pesquisa

Logo, a utilização de UEPS no ensino de Ciências tem se mostrado exitosa de acordo com algumas pesquisas (COELHO et al., 2017; ROSA; CAVALCANTI; PEREZ, 2016; SCHITTLER; MOREIRA, 2016; CALHEIRO; GARCIA 2014), sendo assim, foi utilizada

como base para a elaboração de nossa sequência didática sob a perspectiva da TMC em busca do ensino do átomo de Bohr com estudantes do EF.

Acreditamos que essa sequência didática na qual foi elaborada à luz da TMC e embasada em UEPS pode ser fundamental para compreender sobre quais mediações são utilizadas e como elas se combinam para possibilitar a aprendizagem significativa do modelo do átomo de Bohr no nível fundamental.

Assim, no Capítulo 6, serão apresentados os resultados e discussões referentes a metodologia didática e metodologia de pesquisa.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

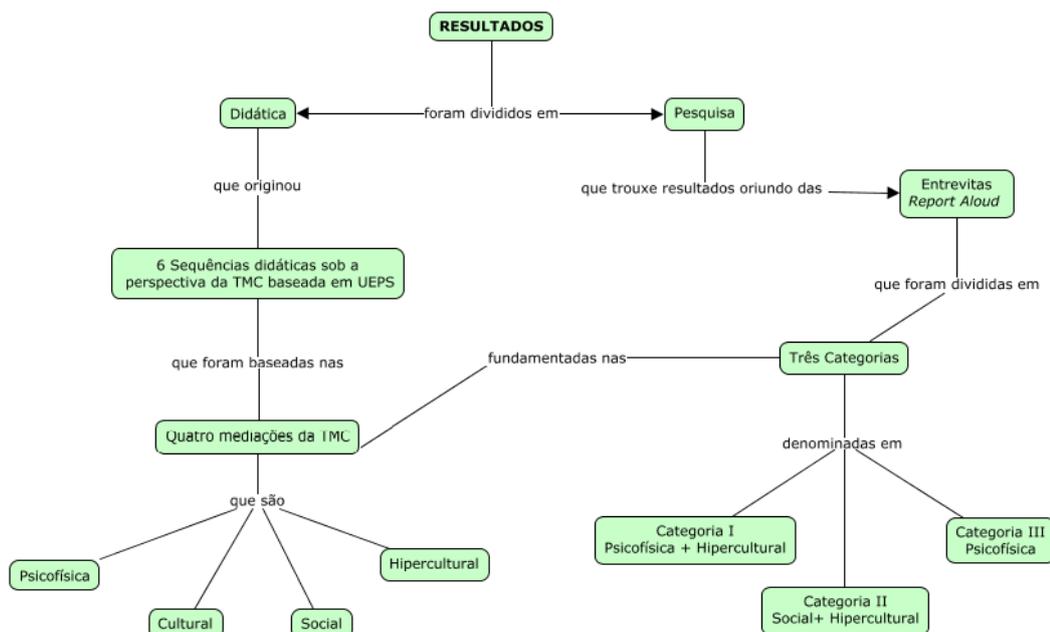
Este capítulo descreve os resultados obtidos na presente pesquisa. Como na descrição da metodologia, este capítulo foi dividido em duas partes: *resultados de pesquisa e resultados didáticos*.

Os *resultados da metodologia de pesquisa* foram obtidos com a coleta de dados realizada ao final da Fase II da pesquisa. Após a análise dos dados, os cinco estudantes foram categorizados em três categorias: Categoria I (Psicofísica+Hiper-cultural), Categoria II (Social+Hiper-cultural) e Categoria III (Psicofísica) que foram analisados conforme a análise gestual descritiva de Monaghan e Clement (1999).

Os *resultados da metodologia didáticos* apresentam evidências sobre o impacto que as UEPS e as Sequências didáticas sob a perspectiva da TMC baseadas em UEPS tiveram no processo de aprendizagem dos alunos. Será abordado mediante a avaliação realizada pelos alunos e as observações relatadas pela pesquisadora e pelos Pibidianos no diário de bordo do Pibid, bem como os resultados advindos da coleta de dados mediante a entrevista com o protocolo *Report Aloud*.

Uma síntese dos resultados é apresentada abaixo (Figura 13).

Figura 13 - Síntese dos resultados da pesquisa



Fonte: a pesquisa

6.1 RESULTADOS DE PESQUISA

Os encontros na Fase II do projeto foram apresentados de modo a promover um vínculo com as quatro mediações citadas na TMC. Cada mediação, seja social, cultural, hipercultural e psicofísica, foi desenvolvida em alguma atividade do subprojeto Pibid na Fase II.

A atividade realizada com o uso de uma simulação computacional, a qual foi baseada na mediação hipercultural, teve duração de apenas uma hora em um dos encontros. Essa mediação foi citada durante a entrevista por quatro dos cinco estudantes participantes nessa pesquisa.

Quatro encontros foram dedicados à mediação psicofísica, na qual três modelos diferentes do átomo de Bohr foram construídos. O primeiro modelo foi elaborado nos 28º e 29º encontros. O segundo modelo, confeccionado com velcro, foi desenvolvido no 30º encontro, e o modelo mais lembrado pelos alunos foi realizado no 33º encontro, diferenciando-se do anterior devido ao uso de LEDs, os quais foram usados para uma melhor representação das camadas eletrônicas. Dos cinco estudantes entrevistados, quatro mencionaram o modelo de LED durante a entrevista.

A mediação cultural foi explicada no 30º encontro mediante o uso de livros didáticos em duplas, e nos 28º, 30º e 31º encontros, quando vídeos de curta duração da Internet foram utilizados na segunda etapa da Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS. Essa mediação foi utilizada por dois alunos durante a entrevista. Um aluno citou uma série de televisão americana, outro mencionou a imagem de um dos livros didáticos.

Por fim, a mediação social, isto é, a interação entre professor e aluno nesta pesquisa voltada para o ensino do átomo de Bohr, ocorreu em sete encontros realizados na Fase II. A cada início de aula, ou durante a etapa I da Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS, os Pibidianos explicavam o átomo de Bohr no quadro o modelo.

Com base nesses resultados, é possível salientar o que Erickson (1986) retrata em sua pesquisa sobre os universais abstratos e universais concretos. “Universal” sugere que foi possível identificar determinados conceitos em mais de um estudante, não apenas um. Nesta pesquisa foi possível observar que o uso das quatro mediações foi útil ao ensino de determinados conceitos.

Conforme Erickson (1986), o pesquisador tem a chance de perceber a universalidade que ocorre com todos os alunos, tal como as possíveis particularidades em cada um.

A tarefa do analista é descobrir as diferentes camadas de universalidade e particularidade que são confrontadas no caso específico em questão - o que é amplamente universal, o que generaliza para outras situações semelhantes, o que é único para a instância dada. Isso só pode ser feito, sustentam os pesquisadores interpretativos, atendendo aos detalhes do caso concreto em questão. Assim, a principal preocupação da pesquisa interpretativa é particularidade, em vez de generalização (ERICKSON, 1986, p. 130, tradução nossa).

Nessa pesquisa obtivemos quatro **universais abstratos**:

- I. A imagem de *átomo* surge de diversas formas, podendo ser oriunda da mediação psicofísica ou de mediação cultural (como em livros ou séries de televisão);
- II. A ideia de *fóton* está relacionada com a mediação hipercultural e a imagem das camadas eletrônicas relacionada com a mediação psicofísica;
- III. A cor associada à emissão específica de luz dentro do modelo do átomo de Bohr (diferentes cores relacionados com diferentes saltos) é fruto da interação com a mediação psicofísica;
- IV. A mediação hipercultural também foi responsável por fornecer *drivers* que permitiram os estudantes compreender a mecânica do modelo do átomo de Bohr (mais precisamente compreender que saltos provocam emissão ou absorção de fótons);

Os **universais concretos** que, segundo Erickson (1986, p.130), formam um “caso específico em grande detalhe e depois comparando-o com outros casos estudados em igualmente grande detalhe”, revelam que, nesta pesquisa, foi possível perceber as particularidades de cada estudante. Dividimos os estudantes em categorias, as quais evidenciaram uma mediação diferente, ou mediações combinadas, em seu processo de aprendizagem. A seguir são apresentados quatro universais concretos resultantes dessa pesquisa.

- I. Ao ser questionado sobre o que sabia sobre o átomo de Bohr, o estudante A4 mencionou o modelo do átomo de Bohr de LED (mediação psicofísica).

E: Quando fala em átomo de Bohr, o que que tu tá imaginando?

A4: Ah, eu não sei te dizer, mas a cabeça ela pensa um monte de coisa.

E: O que que tu tá imaginando?

*A4: Da pra lembrar daquela coisa [00:46, ABL] que a gente fez, no caso na aula passada **do isopor**.*

O aluno A3 citou uma série de televisão (mediação cultural) ao responder como ele imaginava o átomo de Bohr

A3: *O átomo eu imagino...(Aluno desenha)*
 E: *Tu viu isso em algum lugar né? Se lembra onde tu viu?*
 A3: *Na série do **The Big Bang Theory***

II. Em relação à noção do fóton, o estudante A1, por exemplo, retratou a imagem que reteve da simulação computacional (mediação hipercultural).

E: *E esse fóton, como é a cara dele como ele se parece, como tu imagina?*
 A1: *Um raio.*
 E: *Um raio, um raio que aparece ali ou em outro lugar?*
 A1: *Que aparece na **imagem do computador**.*

Já o estudante A2 mencionou os saltos de elétrons que ele imagina ocorrerem no modelo do átomo de Bohr de LED (mediação psicofísica).

A2: *Quando a gente pegava a bolinha[10:52, #E] e botava, vamos dizer da órbita menor e pulava vamos dizer para a terceira camada e pegava a bateriazinha e botava na luz, aquilo me chamou atenção, que eu achei que aquilo teria sido, tipo pensava ah, que eu pensava assim, que já que ta mudando a cor então cada uma, cada cor deve ser alguma coisa diferença aí eu comecei a me lembrar das outras matérias também.*

III. Com relação à associação de diferentes cores para diferentes saltos, o aluno A3, explicou suas ideias quando foi questionado sobre o que lembrava acerca dos saltos de elétrons de uma órbita para a outra.

E: *Ah, aí por isso tu se lembra mais? Está certo, e tu se lembrou de alguma cor diferente quando ele pulava de órbitas diferentes?*
 A3: *Sim.*
 E: *Mas tu sabe o porquê ou quando?*
 A3: *É porque uma cor tem mais energia que a outra.*
 E: *Ah, então é, a, a cor que tem mais energia acontece quando o pulo é maior ou menor?*
 A3: *Maior.*
 E: *Maior, ta certo então. E tu lembra, quando tu lembra disso tu lembra do computador ou tu lembra de outros?*
 A3: *Das cores?*
 A3: *Daquele dali? (LED)*
 E: *Daquele dali, falando de saltos diferentes e de cores diferentes tu lembra daquele dali?*
 A3: *De cores aquele dali, de salto com cores.*

IV. Durante a entrevista os alunos A3 e A2 declararam a importância que o computador teve para o seu entendimento referente à emissão e absorção de fótons. O aluno A3 fala que:

E: *De todos, de todos ou tem algum que é preferência?*
 A3: *Acho mais o computador, caso que eu, a tive... eu fiquei usando muito o computador e eu fiquei muito brincando com aquilo dali, daí ele pulava e pa.*
 E: *Ah, aí por isso tu se lembra mais? Está certo, e tu se lembrou de alguma cor diferente quando ele pulava de órbitas diferentes?*
 A3: *Sim.*
 E: *Ta certo, o salto em si tu enxerga o computador?*
 A3: *Sim.*

O estudante A2 reiterou que o uso da simulação computacional o auxiliou a compreender como o elétron se movia, complementando o que havia estudado antes.

E: Só um momento, deixa eu te interromper. Quando tu fala de, dessa movimentação, né, emitir e absorver, etc...tu lembra de só do quadro ou de alguma outra coisa?

A2: Mais do também do, do, eu ia falar daquele da cores...(Aponta para o computador)

A2: O do computador, na primeira camada é uma cor mais forte, uma cor mais, uma cor mais... vamos dizer mais forte e na última camada na sétima camada do, do, do modelo, desse modelo seria ao azul, que seria uma cor mais fraca, quanto mais forte menos energia e mais fraca mais energia.

E: Certo, então na realidade o primeiro modelo que tu falou em átomo de Bohr tu lembrou do quadro?

A2: Sim.

E: Mas quando tu começou a me explicar como que ele se movia aí tu pensou no computador, foi isso?

A2: Foi.

E: Não, não só quero que tu me fale agora, quando tu imaginou o elétron saltando, qual dos dois modelos? Foi o do computador?

A2: Computador

Logo após as entrevistas e a análise dos dados coletados, separamos os estudantes em três categorias. Essas categorias serão detalhadas na próxima subseção, a qual traz alguns trechos das entrevistas e os gestos descritivos realizados pelos alunos.

6.2 CATEGORIZAÇÃO

Após as entrevistas e a análise dos dados, os cinco alunos que participaram da entrevista foram classificados em três categorias. Essas categorias foram elaboradas conforme as características de cada estudante, isto é, o uso de uma das quatro mediações ou de mais de uma mediação para responder a uma das questões da entrevista ou a menção de uma mediação. Isso revelou a mediação que mais influenciou e auxiliou o estudante durante a aquisição de conhecimento.

As transcrições não compreenderam a correção das falas dos entrevistados e do entrevistador. Manteve-se a forma original falada, sem modificações. Portanto, apresentarmos os resultados no próximo capítulo, obtidos durante a entrevista realizada conforme o protocolo *Report Aloud*.

6.2.1 Categoria I - Psicofísica + Hiper-cultural

Essa categoria é caracterizada pelo uso do modelo do átomo de Bohr de LED (psicofísica) e o uso da simulação computacional (hipercultural) na entrevista. As duas mediações foram utilizadas por dois estudantes, A1 e A3, os quais apresentaram as características da utilização de *drivers* psicofísico e hiper-cultural (Figura 14).

Figura 14 - (I) Alunos interagindo com a simulação computacional. (II) Aluno mexendo no modelo psicofísico com LED



Fonte: a pesquisa

Começaremos com as características advindas de *drivers* psicofísicos do estudante A1. Este estudante participava do subprojeto Pibid de Física desde o início e tinha boa frequência e participação durante os encontros.

As mediações, psicofísica e hiper-cultural, foram citadas separadamente, mas foram utilizadas simultaneamente para uma questão. Os dois quadros à seguir reproduzem alguns trechos que evidenciam o uso dos *drivers* psicofísico (Quadro 7) e hiper-cultural (Quadro 8) pelo estudante A1.

Quadro 7 - Trechos com evidências de *drivers* da mediação psicofísica

MEDIACÃO	TRECHOS COM EVIDÊNCIAS DE <i>DRIVERS</i> DA MEDIACÃO PSICOFÍSICA
PSICOFÍSICA	<p>E: Excelente, agora me diz uma coisa, quando tu ta me explicando, tu ta imaginando uma coisa, o que tu ta imaginando, o modelo ou outra coisa? A1: Esse modelo. (Aponta para o modelo do átomo de Bohr de LED)</p> <p>E: Ah, que aparece na imagem do computador, ta certo. A primeira coisa que apareceu na tua cabeça foi aquele modelo dali? A1: Uhum.</p> <p>E: A mesma cor, ta certo, ótimo. E me diz uma coisa, com relação a aquele modelo ali, que foi o primeiro que apareceu na tua cabeça, alguma coisa com os LEDs apareceu piscando das luzes? A1: Sim, porque sempre que a gente movia [05:05, #E] a bolinha azul que é o próton, que é o elétron, a gente fazia a luz acender e sempre era uma luz colorida, mas eu não consigo decorar bem os lugares.</p> <p>E: Sem problemas, mas a primeira parte que tu falou pra mim, dessas coisas aqui, tu já imaginava aquele modelo acendendo ou não? A1: Sim</p>

Fonte: a pesquisa

A1 afirmou que a primeira coisa que lhe veio à mente após ser questionado sobre o que é o átomo de Bohr foi o modelo psicofísico de LED. O aluno ainda apontou para o modelo exposto ao seu lado durante a entrevista. A1 falou sobre a oportunidade que os alunos tiveram de interagir com esse modelo, algo que o “marcou”, pois, ao responder à questão, falou sobre estar imaginando, desde o início, o modelo do átomo de Bohr funcionando.

O estudante A1 fez referência à imagem no simulador computacional do fóton no instante em que foi questionado sobre como ele imaginava o fóton quando o elétron saltava de uma camada a outra (Quadro 8).

Quadro 8 - Trechos com evidências de *drivers* da mediação hipercultural

MEDIACÃO	TRECHOS COM EVIDÊNCIAS DE <i>DRIVERS</i> DA MEDIACÃO HIPERCULTURAL
HIPERCULTURAL	<p>E: E esse fóton, como é a cara dele como ele se parece, como tu imagina? A1: Um raio.</p> <p>E: Um raio, um raio que aparece ali ou em outro lugar? A1: Que aparece na imagem do computador.</p> <p>E: Mas depois tu faz muita referência da coisa do computador, é isso? A1: Uhum</p> <p>E: Excelente, tu consegue visualizar isso na tua cabeça usando que modelo? Modelo ou sem modelo? A1: O do computador.</p>

Fonte: a pesquisa

Nesse momento da entrevista A1 afirmou que ele imaginava o funcionamento dos dois modelos (simulação computacional e modelo psicofísico de LED). Essa resposta foi dada quando A1 foi indagado sobre como ele imaginava o salto do elétron de uma camada a outra (Quadro 9).

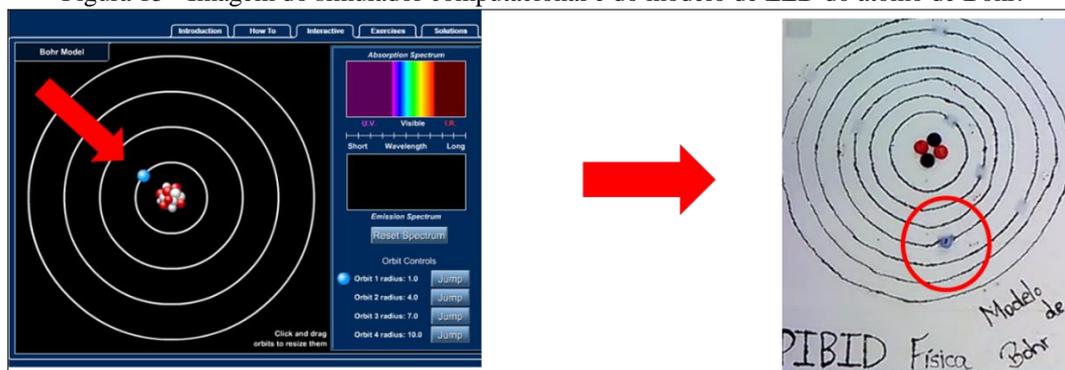
Quadro 9 - Trechos com evidências de *drivers* das mediações psicofísica e hipercultural

MEDIACÃO	TRECHOS COM EVIDÊNCIAS DE <i>DRIVERS</i> DAS MEDIAÇÕES: PSICOFÍSICA E HIPERCULTURAL
PSICOFÍSICA + HIPERCULTURAL	<p>E: Eles também aparecem os dois, o computador e o modelo ou uma coisa em cima da outra?</p> <p>A1: Os dois.</p> <p>E: Os dois. Tipo um do lado, ou os dois juntos? A1: Um do lado do outro</p> <p>E: Aquela bolinha, ah tá certo. Tu vê aquele azul, mas tu imagina aquele dali ou daqui?</p> <p>A1: Eu imaginei aquele azul, naquele dali.</p> <p>E: Ah, tu imaginou aquele azul, naquele dali.</p> <p>A1: sim.</p>

Fonte: a pesquisa

Mais especificamente, ele declarou que imaginava o elétron (bolinha) da simulação no modelo do átomo de Bohr de LED (Figura 15).

Figura 15 - Imagem do simulador computacional e do modelo de LED do átomo de Bohr.



Fonte: a pesquisa

O artigo de Monaghan e Clement (1999) dá um exemplo semelhante ao que foi verificado na presente pesquisa. Abaixo segue o trecho da pesquisa de Monaghan e Clement (1999).

D1 S: Hmm, número 9: (lê pergunta). . . OK, em minha mente eu estou vendo [ênfase adicionada] o caminhão [do problema 9] como se fosse o carro preto na tela, no computador, e novamente o helicóptero [no problema 9] como se fosse o avião [na simulação de computador], e uh, eu sou apenas - eu notei que o carro preto [na simulação de computador] estava indo muito rápido em direção ao avião quando ele permaneceu parado, então eu teria que dizer 240 mph para isso, e 'D': tenho certeza que estou certo [classificação de confiança].

D2 I: OK.

D3 S: Por causa de - por causa da comparação (movimentos repetidos da mão direita para frente e para trás) - parecia estar indo muito rápido em direção ao uh, o avião.

D4 I: OK. Você muda sua confiança para ter certeza de que está certo.

D5 S: Sim.

D6 I: Por que isso?

D7 S: Porque uma simulação me ajudou a ver que estava indo mais rápido do que parecia, indo mais rápido do que realmente era, porque o helicóptero está se movendo em direção a ele (aponta o lápis).

D8 I: OK. Você pode dizer mais sobre isso?

D9 S: Não, só que o helicóptero ia para 200, e o caminhão estava com 40, e, se você colocar o helicóptero parado (coloca o punho esquerdo na mesa) como o avião - o caminhão vai olhar estar indo mais rápido do que realmente era. Há evidências de que o GS8 usa a memória da simulação como uma estrutura para sua visualização do problema alvo. A evidência de visualização no problema do pós-teste vem de várias fontes. fontes (MONAGHAN; CLEMENTO, 1999, p. 929, tradução nossa).⁴

O aluno (D *student*) utilizou a sua memória referente à simulação como estrutura para visualizar o problema. Já A1 utilizou a imagem do elétron da simulação no modelo psicofísico para responder às perguntas sobre sua opinião sobre o modelo do átomo de Bohr.

Já o aluno A3 afirmou que, quando apenas a palavra átomo é pronunciada, ele lembrou a série *The Big Bang Theory* (Quadro 10). Como na imagem abaixo, é possível ver que a representação de um átomo foi vista nos episódios da série de TV (Figura 16). Porém, quando o tópico é o átomo de Bohr, A3 falou que se recorda do modelo usado nas aulas do subprojeto Pibid de Física (Quadro 11).

⁴ Original: D1 S: Hmm, number 9: (reads question). . . OK, in my mind I'm seeing [emphasis added] the truck [from problem 9] as if it were the black car on the screen, on the computer, and again the helicopter [in problem 9] as if it were the plane [in the computer simulation], and uh, I'm just - I noticed that the black car [in the computer simulation] was going very fast towards the plane when it remained stationary, so I'd have to say 240mph for this, and 'D': I'm sure I'm right [confidence rating]. D2 I: OK. D3 S: Because of - because of the comparison (repeated moves right hand back and forth) - it looked to be going very fast towards the uh, the plane. D4 I: OK. You change your confidence to be sure you are right. D5 S: Yeah. D6 I: Why is that? D7 S: Because a simulation helped me out in seeing that it was going faster than what it looked like, going faster than what it actually was, because the helicopter is moving toward it (points pencil). D8 I: OK. Can you say more about that? D9 S: No, just that the helicopter was going 200, and the truck was going 40, and, uh, just if you put the helicopter stationary (puts left fist down on the table) like the plane was - the truck will look to be going faster than it actually was. There is evidence that GS8 uses memory of the simulation as a framework for its visualization of the target problem. Evidence for visualization in the post-test problem comes from several sources (MONAGHAN; CLEMENT, 1999, p. 929).

Quadro 10 - Trechos com evidências de *drivers* da mediação cultural

MEDIAÇÃO	TRECHOS COM EVIDÊNCIAS DE <i>DRIVERS</i> DA MEDIAÇÃO CULTURAL
CULTURAL	E: Tu viu isso em algum lugar né? Se lembra onde tu viu? A3: Na série do The Big Bang Theory

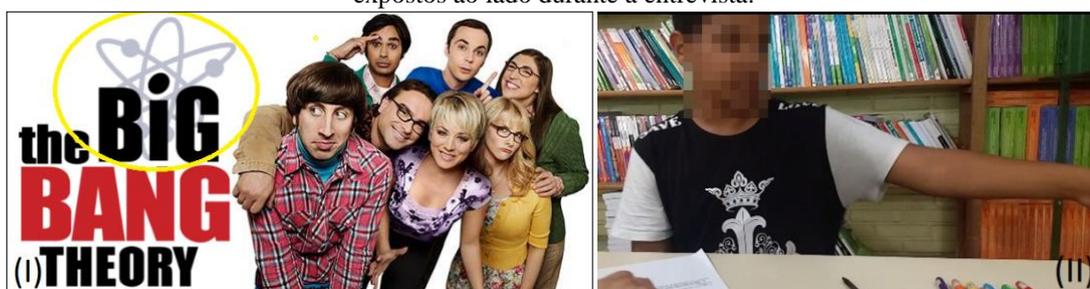
Fonte: a pesquisa

Quadro 11 - Trechos com evidências de *drivers* da mediação social

MEDIAÇÃO	TRECHOS COM EVIDÊNCIAS DE <i>DRIVERS</i> DA MEDIAÇÃO SOCIAL
SOCIAL	E: É esse daqui do quadro. A3: É aquele dali. E: é o do quadro, não é nenhum outro? A3: Sim.

Fonte: a pesquisa

Figura 16 - (I) Logo da série *The Big Bang Theory*. (II) A3 apontando para os modelos das mediações que estão expostos ao lado durante a entrevista.



Fonte: (I) Hotcountry1035 (2018) (II) a pesquisa (2017)

Conforme o quadro 12, o estudante A3 salienta, considerando-se o salto de uma camada a outra, ele imaginou a simulação computacional. Porém, quando foi formulada a questão sobre as cores dos saltos, ele visualizou o modelo de Bohr de LED.

Quadro 12 - Trechos com evidências de *drivers* da mediação psicofísica

MEDIAÇÃO	TRECHOS COM EVIDÊNCIAS DE <i>DRIVERS</i> DA MEDIAÇÃO PSICOFÍSICA
PSICOFÍSICA	A3: Daquele dali? (LED) E: Daquele dali, falando de saltos diferentes e de cores diferentes tu lembra daquele dali? A3: De cores aquele dali, de salto com cores. E: É isso que eu tenho que saber de ti. Agora as cores dos saltos tu enxerga ali (modelo de LED)? A3: Sim.

Fonte: a pesquisa

A3 salientou que lembrava bem da simulação computacional porque foi-lhe permitido ficar, após o término do roteiro, manuseando a simulação livremente. Com isso, ele pode

observar o fenômeno. Ele enfatizou, nesse momento, o salto que imaginava ocorrer na simulação computacional (Quadro 13).

Quadro 13 - Trechos com evidências de *drivers* da mediação psicofísica

MEDIAÇÃO	TRECHOS COM EVIDÊNCIAS DE <i>DRIVERS</i> DA MEDIAÇÃO HIPERCULTURAL
HIPERCULTURAL	<p>E: De todos, de todos ou tem algum que é preferência? A3: Acho mais o computador, caso que eu, a tive... eu fiquei usando muito o computador e eu fiquei muito brincando com aquilo dali, daí ele pulava e pa. E: Ah, aí por isso tu se lembra mais? Está certo, e tu se lembrou de alguma cor diferente quando ele pulava de órbitas diferentes? A3: Sim. E: Ta certo, o salto em si tu enxerga o computador? A3: Sim.</p>

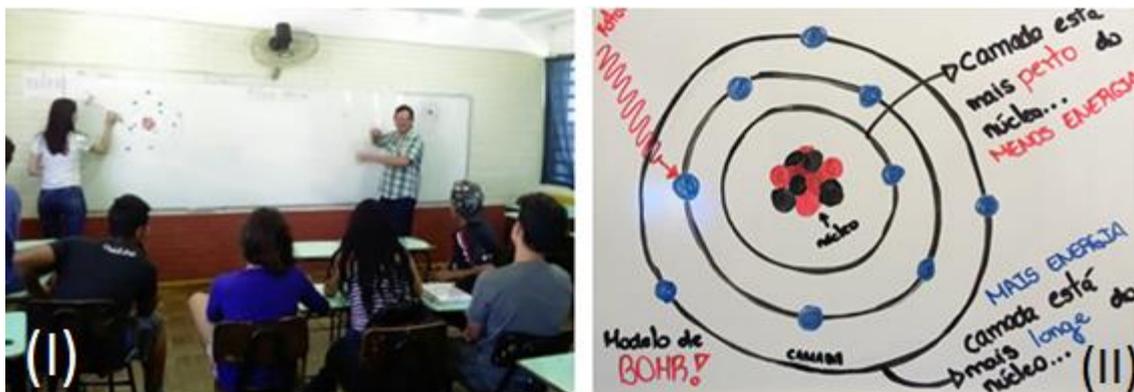
Fonte: a pesquisa

6.2.2 Categoria II- Social+ Hipercultural

A segunda categoria, a Categoria II, foi definida com base nas falas de dois estudantes que evidenciaram, durante a entrevista, a ocorrência de *drivers* advindos da mediação social e hipercultural.

Conforme o capítulo “Metodologia”, a Fase II do projeto foi desenvolvida com atividades baseadas nas quatro mediações da TMC. A mediação social era trabalhada a todo início de aula no quadro, no qual os Pibidianos revisavam o funcionamento do modelo do átomo de Bohr. Já no 33º encontro, metade da aula assistiu a uma apresentação mais detalhada do modelo do átomo de Bohr. Apenas dois Pibidianos permaneceram explicando o conteúdo no quadro, explorando o potencial ilustrativo com cores e detalhes. A imagem abaixo mostra o quadro e a interação entre os professores e aluno (Figura 17).

Figura 17 - (I) Pibidianos no momento da explicação no quadro branco. (II) Imagem do desenho feito no quadro branco



Fonte: a pesquisa

Os estudantes que demonstraram a utilização dessas duas mediações foram A2, que participou desde o início do projeto, sempre se mostrando interessado, mas muitas vezes se dispersava durante a aula e A5, muito participativo, que muitas vezes trouxe dúvidas e sugestões para o projeto.

Na sequência são exibidos quatro quadros relativos ao estudante A2. Ele mencionou todas as mediações; porém, para ele, apenas as interações sociais e hipercultural ele utilizou para responder as questões. Segundo ele, foi isso que o auxiliou em seu processo de aprendizado do modelo do átomo de Bohr.

O estudante A2 começou gesticulando o que seria o átomo de Bohr. Quando questionado sobre a origem dessa imagem, ele apontou para o quadro disposto a seu lado, assim como as demais mediações. Isto é, no primeiro momento ele afirmou lembrar da imagem do quadro para explicar o que ele entendia sobre o modelo do átomo de Bohr. A2 afirmou que havia esquecido o salto de uma camada a outra. Mas, no 33º encontro, o qual é detalhado no quadro abaixo (Quadro 14), ele lembrou o conteúdo e menciona que lembrou o professor explicando. Abaixo, dois quadros relativos às mediações social (Quadro 15) e psicofísica (Quadro 14) do estudante A2 são mostrados. Esse aluno não mencionou as outras duas mediações.

Quadro 14 - Trechos com evidências de *drivers* da mediação social

MEDIAÇÃO	TRECHOS COM EVIDÊNCIAS DE <i>DRIVERS</i> DA MEDIAÇÃO SOCIAL
SOCIAL	<p>E: Algum desses daqui?</p> <p>A2: Foi o primeiro.</p> <p>E: E esse daqui?</p> <p>A2: O primeiro.</p> <p>E: Exatamente, o que foi trabalhado no quadro, isso?</p> <p>A2: Isso.</p>

	E: O que acontecia, foi o professor explicando no quadro? A2: Foi o professor explicando.
--	--

Fonte: a pesquisa

O estudante A2, quando indagado na questão 2 sobre o que ocorria quando um elétron saltava de uma camada distante para uma mais próxima do núcleo e vice-versa, começou a descrever o que foi realizado com o modelo do átomo de Bohr de LED. Nesse instante foi possível observar que ele detalhou cada movimentação feita, como por exemplo, a mudança do elétron (bolinha) de uma camada para outra e a bateria que ligava os LED quando o elétron chegava à outra camada.

Quadro 15 - Trechos com evidências de *drivers* da mediação psicofísica

MEDIAÇÃO	TRECHOS COM EVIDÊNCIAS DE <i>DRIVERS</i> DA MEDIAÇÃO PSICOFÍSICA
PSICOFÍSICA	A2: Foi o que mais me chamou a atenção, foi quando a gente, a gente, mudava, ah...mudava [10:15, #B] o, agora eu não lembro o nome. E: Foi a pilha? Foi o ledzinho? A2: A bateria, tu mudava as posições do...to tentando lembrar, eu fiquei nervoso agora falando isso. A2: Quando a gente pegava a bolinha[10:52, #E] e botava, vamos dizer da órbita menor e pulava vamos dizer para a terceira camada e pegava a bateriazinha e botava na luz, aquilo me chamou atenção, que eu achei que aquilo teria sido, tipo pensava ah, que eu pensava assim, que já que ta mudando a cor então cada uma, cada cor deve ser alguma coisa diferença aí eu comecei a me lembrar das outras matérias também.

Fonte: a pesquisa

No quadro abaixo (Quadro 16) mostra o que o estudante mencionou quando lhe foi perguntado se ele lembrava de alguma imagem.

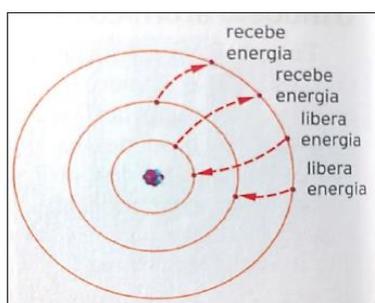
Quadro 16 - Trechos com evidências de *drivers* da mediação cultural

MEDIAÇÃO	TRECHOS COM EVIDÊNCIAS DE <i>DRIVERS</i> DA MEDIAÇÃO CULTURAL
CULTURAL	E: Tá ótimo, era isso que eu queria me, do livro em si tu lembra do texto que tu leu? É isso? Ou tu lembra das imagens? A2: Eu me lembro um pouco do texto e um pouco mais das imagens. E: Das imagens do livro, qual delas mais assim? Do átomo em si, de Bohr? A2: É que tinha eu vi uma imagem e tinha [08:45, #AB] um átomo e cada camadinha com uma setinha, [08:48, #FX] uma flechinha falando qual cada cor seria.

	<p>E: Sim, como tu falou tudo isso pra mim, alguma imagem do livro veio na tua cabeça?</p> <p>A2: Eu vi bastante.</p> <p>E: Claro, de que livro?</p> <p>A2: No livro, o que estava no livro era o átomo de Bohr [07:51, #AB] e o modelo de Bohr e [07:54, #CC] cada explicando a luz de cada camada era pelo...</p>
--	---

Fonte: a pesquisa

Figura 18 - Imagem da representação do modelo do átomo de Bohr em um livro didático



Fonte: Livro didático Ciências da Natureza (2017)

A imagem do livro à qual A2 se referiu era a da representação que constava no guia da simulação computacional e na atividade realizada com os livros didáticos no 30º encontro (Figura 18).

A2 afirmou que a simulação computacional se tornou mais útil e importante para poder compreender melhor o modelo do átomo de Bohr. Na última questão da entrevista, ele salientou que estava tentando lembrar de como foi a simulação para poder responder. Isto é, apesar de ter sido usada em apenas 1 h de aula, a simulação computacional foi extremamente importante e válida para esse estudante (Quadro 17).

Quadro 17 - Trechos com evidências de *drivers* da mediação hipercultural

MEDIAÇÃO	TRECHOS COM EVIDÊNCIAS DE <i>DRIVERS</i> DA MEDIAÇÃO HIPERCULTURAL
HIPERCULTURAL	<p>E: Só um momento, deixa eu te interromper. Quando tu fala de, dessa movimentação, né, emitir e absorver, etc...tu lembra de só do quadro ou de alguma outra coisa?</p> <p>A2: Mais do também do, do, eu ia falar daquele da cores...(Aponta para o computador)</p> <p>E: O do computador?</p> <p>E: Não, não só quero que tu me fale agora, quando tu imaginou o elétron saltando, qual dos dois modelos? Foi o do computador?</p> <p>A2: Computador.</p> <p>E: Tu viu sendo usado, viu, as cores que tu imaginou tudo, é parecido com o computador? Ou não? A2: É parecido.</p> <p>E: O computador foi mais útil isso? A2: Eu achei mais útil.</p>

	<p>A2: Essa três aqui eu tô tentando me lembrar do computador. E: Lembrar do computador, ah , ótimo tu já me dizendo de onde tu tá pensando.</p> <p>E: Tá bom então teve algum que foi mais forte, mais importante pra tu explicar pra mim alguma coisa? Ou não? A2: Foi o computador. E: Foi o computador, o computador foi o mais importante? A2: Isso, foi.</p> <p>A2:Já o computador, já que o computador eu fui fazendo eu fui descobrindo cada coisa nova, descobrindo assim. E: A quanto tu foi fazendo aquele guiazinho isso? A2: Isso.</p>
--	---

Fonte: a pesquisa

No início da entrevista, o aluno A5 perguntou se ele poderia desenhar na folha o que estava imaginado. O desenho feito foi como uma reprodução da representação feita no quadro na aula anterior, com as mesmas cores e descrições. Dito de outro modo, na primeira questão sobre o que era o modelo do átomo de Bohr o estudante primeiramente recorreu à própria lembrança e representou no papel a imagem anteriormente feita no quadro branco. Quando A5 foi questionado sobre o porquê de ele ter desenhado o que desenhou e de onde ele lembrou essa imagem, ele afirmou que foi do quadro branco e, logo após, até citou o nome dos Pibidianos que a desenharam (Quadro 18).

Quadro 18 - Trechos com evidências de *drivers* da mediação social

MEDIAÇÃO	TRECHOS COM EVIDÊNCIAS DE <i>DRIVERS</i> DA MEDIAÇÃO SOCIAL
SOCIAL	<p>E: De onde veio essa imagem? A5: Veio do quadro E: Do quadro E: inclusive as cores? A5: É E: Então tu lembra basicamente do quadro que a professora desenhou foi isso? A5: Foi</p>

Fonte: a pesquisa

A primeira imagem que veio à mente do estudante A5 sobre o que é o átomo de Bohr foi aquela desenhada no quadro branco. Porém, quando se referiu aos saltos de emissão e absorção do elétron, a simulação se tornou mais importante para ele (Quadro 19).

Quadro 19 - Trechos com evidências de *drivers* da mediação hipercultural

MEDIAÇÃO	TRECHOS COM EVIDÊNCIAS DE <i>DRIVERS</i> DA MEDIAÇÃO HIPERCULTURAL
HIPERCULTURAL	<p>E: Mais ou menos, tem algum desses aqui que tu usou? A5: O do simulador E: Tu lembrou do simulador antes de eu falar? A5: Mais ou menos.</p> <p>E: Mas qual das, de que tudo isso foi usado no Pibid, aquele do quadro, aqui foi o simulador, aqui foi o modelo que eles utilizaram e tendo os livros também, tem algum desses que pra ti se sobressaiu? Pra ti falar, esse foi o mais importante pra mim A5: O do Simulador</p> <p>E: Meio que sim. Ta certo então o simulador foi mais importante que o quadro? É isso? A5: É porque daí eu pude entender melhor essa questão de... E: Do salto? A5: É</p>

Fonte: a pesquisa

6.2.3 Categoria III-Psicofísica

A categoria III, a psicofísica, foi composta por apenas um estudante. Esse estudante participou de apenas uma aula do subprojeto Pibid de Física, o 33º encontro. A atividade realizada nesse encontro envolveu as mediações social e psicofísica. Durante a entrevista, o estudante A4 trouxe apenas evidências advindas de *drivers* da mediação psicofísica.

O quadro abaixo (Quadro 20) mostra os devidos trechos com as evidências de *drivers* da mediação psicofísica.

Quadro 20 - Trechos com evidências de *drivers* da mediação Psicofísica

MEDIAÇÃO	TRECHOS COM EVIDÊNCIAS DE <i>DRIVERS</i> DA MEDIAÇÃO PSICOFÍSICA
PSICOFÍSICA	<p>A4: Da pra lembrar daquela coisa [00:46, #ABL] que a gente fez, no caso na aula passada do isopor.</p> <p>E: Aumenta a energia, o que que tu ta imaginando quando tu me responde isso?</p> <p>A4: Eu imagino, é... Vocês explicaram também na aula passada as cores, que é do.</p> <p>E: Isso.</p> <p>A4: Como assim, o do quadro?</p> <p>E: Do isopor. Tu lembra do modelo do isopor com os ledzinhos?</p> <p>A4: Dele.</p>

Fonte: a pesquisa

Quando questionado sobre o que era o átomo de Bohr, A4 mencionou que lembrava o que foi realizado na aula anterior utilizando-se isopor, isto é, o modelo do átomo de Bohr de LED. A visualização e a interação que ele teve com o modelo fez com que lembrasse como ocorria a emissão e absorção do fóton no átomo de Bohr. Para esse aluno, ainda que a atividade tenha sido realizada em apenas uma aula, ele compreendeu o que é o modelo do átomo de Bohr por meio da utilização do modelo de LED.

6.3 CONSIDERAÇÕES ACERCA DAS TRÊS CATEGORIAS

A Categoria I compreendeu dois estudantes, A1 e A3, ambos com evidências de *drivers* provenientes das mediações psicofísica e hipercultural. O estudante A1 relatou que primeiramente lembrou o modelo psicofísico confeccionado com LED durante as perguntas. Em algumas falas foi possível observar que A1 descreveu o momento em que os alunos interagiram com o modelo, o que mostra a importância do contato com essa mediação. A mediação hipercultural foi citada pelo estudante no momento que surgiram os conceitos emissão e absorção do fóton. A imagem do fóton que A1 teve na mente foi oriunda da simulação computacional.

Em sua entrevista, o aluno A1 mencionou algo diferente do que os demais colegas citaram. Ele utilizou as duas mediações em determinado instante. Assim como no exemplo dado

por Monaghan e Clement (1999) mencionado anteriormente, A1 imaginou o elétron da simulação computacional, no modelo psicofísico do modelo de LED.

O estudante A3 mencionou as quatro mediações, mas apenas as mediações psicofísica e hipercultural trouxeram evidências concretas de *drivers*. Ele utilizou essas duas mediações durante a entrevista para responder às questões colocadas. Como A1, A3 utilizou a simulação computacional para explicar a absorção e a emissão do fóton e falar sobre as cores das diferentes camadas, quando menciona o modelo psicofísico de LED.

A Categoria II foi composta pelos estudantes A2 e A5. O primeiro estudante mencionou todas as mediações. No início da entrevista ele mencionou a interação entre professor, aluno e o quadro branco. No tocante à mediação cultural, A2 disse que lembrou de imagens de livro ao pensar para responder. Ele citou e descreveu a mediação psicofísica ao contato com o modelo de LED. As mediações social e hipercultural, as quais se destacaram durante toda a entrevista.

Ao final da entrevista A2 afirmou que a simulação computacional foi a mais importante, porque foi com ela que pode compreender todo o modelo do átomo de Bohr. Assim como A1, da Categoria I, o estudante A2 imaginou o computador e o quadro branco (mediações social e hipercultural) ao mesmo tempo.

O estudante A5 preferiu desenhar ao invés de falar, e seu desenho foi baseado no desenho realizado na aula anterior no quadro branco, mostrando assim evidências de *drivers* da mediação social. Mas para as questões 2 e 3, as quais se referiam ao que acontecia quando o elétron salta de uma camada a outra e sobre as cores, ele relata o que acontecia na simulação computacional.

Por fim, na Categoria III, o estudante A4 participou apenas da aula anterior, na qual foram utilizadas as mediações social e psicofísica. Durante toda a entrevista ele demonstrou indícios de *drivers* da mediação psicofísica.

Ao categorizar os cinco estudantes e dividi-los em três categorias conforme suas características, foi possível observar que, por mais que cada estudante utilizasse uma mediação diferente para explicar o que era o átomo de Bohr (questão 1), ele acabava utilizando-as para explicar o que ocorria quando um elétron salta de uma órbita para outra (questão 2). Para a diferença na radiação emitida (questão 3), os estudantes utilizaram as mediações psicofísica ou hipercultural separadamente ou combinadas.

6.4 ANÁLISE GESTUAL DESCRITIVA

A análise gestual dos cinco estudantes é descrita em cinco subseções. A primeira descreve os gestos que tinham como referência o átomo de Bohr. A segunda corresponde aos gestos sobre o salto de uma camada a outra. A terceira discute os gestos realizados em relação à camada/órbita, a quarto alude ao fóton e a última descreve gestos como flecha, bateria, eletrosfera, espectro eletromagnético e energia.

Conforme Monaghan e Clement (1999), o movimento das mãos pode ser indicador das imagens mentais que os entrevistados têm no instante em que respondem a uma questão. O gesto é uma forma de externar o que se passa na mente em dado momento.

Separamos os gestos com base em suas afinidades. Eles foram organizados da seguinte maneira: primeiramente é exposto o trecho em que o estudante fala sobre determinado conceito; após é posto a imagem (caso seja um gesto estático), ou a sequência de imagens caso o gesto seja dinâmico; por fim, é fornecida uma tabela com o código do gesto e a descrição do movimento.

6.4.1 Gestos relacionados ao átomo de Bohr

Três estudantes realizaram gestos no momento em que descreviam o que entendiam do modelo do átomo de Bohr (questão 1). Os estudantes A1, A2 e A4 realizaram três diferentes gestos, todos com relação ao átomo de Bohr. Segue o trecho da entrevista, a imagem dos gestos de cada estudante e o código e sua descrição.

O gesto #AB (Figura 19) aconteceu no instante em que A1 começou a explicar que não lembrava exatamente o que seria o átomo de Bohr, mas que lembrava o que foi realizado na aula.

A1: Eu lembro que a gente fez vários trabalhos [00:23 #AB] com os desenhos sobre o que tem nos núcleos e as camadas em volta que tem os prótons que ficam circulando.

E: Tu se lembra de que tipo de aula? Tem até algumas que tu usou e algumas coisas aqui que o professor usou, aquela coisa do computador, aquele modelo. Qual deles veio primeiro na tua cabeça, uma coisa de livro ou outra coisa que não ta aqui?

A1: Primeiro foi oh...aquele último (aponta para o modelo de Bohr feito de LED).

Figura 19 - Sequência de imagens do gesto #AB realizado pelo estudante A1



Fonte: a pesquisa

A1 realizou o gesto conforme ela lembra de como funcionava o modelo do átomo de Bohr confeccionado com LED. Abaixo, segue a tabela com o código e descrição desse gesto (Tabela 3).

Tabela 3 - Código e descrição do gesto #AB realizado por A1

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
#AB Dinâmico	ÁTOMO DE BOHR - Utilizando a mão direita, o A1 usa o dedo indicador e realiza gestos circulares em cima da mesa, representando as camadas e o núcleo que compõem o átomo de Bohr.

Fonte: a pesquisa

A2 realizou um gesto estático (Figura 20) ao falar sobre o que lembrava sobre o átomo de Bohr (Tabela 4).

A2: *Eu penso no átomo, [00:45, #AB] eu penso no modelo que...*
 E: *Que modelo é esse? Um que tu viu que eles trabalharam, de livro, de onde é que ele veio?*
 A2: *A gente trabalhou aquele do ...*
 E: *Algum desses daqui?*
 A2: *Foi o primeiro.*
 E: *E esse daqui?*
 A2: *O primeiro. (Se refere ao modelo do quadro branco, **mediação social**)*

Figura 20 - Imagem do gesto #ABE realizado pelo estudante A2



Fonte: a pesquisa

Tabela 4 - Código e descrição do gesto #ABE

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
#ABE estático	ÁTOMO DE BOHR ESTÁTICO - Com as duas mãos o aluno junta elas formando um 'círculo' um pouco abaixo do rosto representando o do átomo de Bohr.

Fonte: a pesquisa

A4 descreveu o que foi realizado na aula anterior, a mediação psicofísica com o modelo do átomo de Bohr confeccionado com LEDs. *E: O que que tu tá imaginando? A4: Da pra lembrar daquela coisa [00:46, #ABL] que a gente fez, no caso na aula passada do isopor.*

Abaixo segue a imagem do gesto (Figura 21) e sua descrição (Tabela 5).

Figura 21 - Sequência de imagens do gesto #ABL realizado pelo estudante A4



Fonte: a pesquisa

Tabela 5 - Código e descrição do gesto #ABL

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
#ABL dinâmico	ÁTOMO DE BOHR DE LED-Com as duas mãos o estudante realiza movimentos circulares em cima da mesa representando as camadas do átomo de Bohr feito com isopor e LED.

Fonte: a pesquisa

6.4.2 Gestos relacionados ao salto de uma órbita para outra

Apenas um estudante efetuou gestos correspondentes ao salto de uma órbita a outra, de uma maior órbita para menor ou vice-versa. A2 realizou três tipos de gesto sobre o salto de uma órbita para outra. Seguem os trechos da entrevista de A2, a sequência de imagem dos gestos (Figura 22) e seus código e descrição (Tabela 6).

A2, ao explicar o que acontecia quando um elétron salta de uma órbita menor para maior, disse: *A2: E daí quando ele salta de uma orbita menor [03:52, #S'] para uma maior ele vai emitir fóton.*

Figura 22 - Sequência de imagens do gesto #S' realizado pelo estudante A2



Fonte: a pesquisa

Tabela 6 - Código e descrição do gesto #S'

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
#S' dinâmico	SALTO'- Com a mão direita o estudante realiza um movimento oblíquo da esquerda para direita (dele).

Fonte: a pesquisa

O outro gesto que ele realizou foi observado no momento em que foi questionado sobre a diferença das radiações (questão 3). A2: *Tem, ele vai de uma órbita maior [07:08, #S''] mais longe maior ele vai emitir mais radiação do que o pequeno.*

Abaixo segue a imagem do gesto (Figura 23) e sua descrição (Tabela 7).

Figura 23 - Sequência de imagens do gesto #S'' realizado pelo estudante A2



Fonte: a pesquisa

Tabela 7 - Código e descrição do gesto #S''

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
#S'' dinâmico	SALTO''- Com a mão direita o estudante 'arrasta' ela em cima da mesa representando as órbitas menores até as menores.

Fonte: a pesquisa

No final da entrevista, A2 falou das aulas das quais mais lembrou para responder às perguntas feitas no decorrer na entrevista, durante a qual ele realiza outro tipo de gesto no momento em que ele fala sobre o salto de uma órbita a outra.

Abaixo segue a imagem do gesto (Figura 24) e sua descrição (Tabela 8).

E: Do quadro o que mais te ajudou?

A2: Do quadro o que mais tinha me ajudado que eu tinha dado uma esquecida foi que a cada salto [09:42, #S''], a cada, a cada salto que ele fazia eu não me lembrava o que que acontecia, que depois eu dei uma parada de, depois do quadro me lembrou que foi um dos últimos, que foi o que me lembrou.

Figura 24 - Sequência de imagens do gesto #S'' realizado pelo estudante A2



Fonte: a pesquisa

Tabela 8 - Código e descrição do gesto #S''

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
#S'' dinâmico	SALTO'' - Com a mão esquerda aberta o estudante realiza movimentos de vai e vem rapidamente da esquerda para direita (dele) representando os saltos.

Fonte: a pesquisa

6.4.3 Gestos relacionados a órbita/camada

A2 descreveu cada detalhe que lembrava sobre o modelo do átomo de Bohr. Ao falar sobre as camadas, ele realizou gestos circulares concomitantes.

Abaixo segue a imagem do gesto (Figura 25) e sua descrição (Tabela 9).

A2: O átomo de Bohr ele é o que? Ele é um, tem um núcleo no centro, [01:32, #AB] o núcleo, vai ter sete camadas [01:39, #C], sete eletrosferas em roda, aonde um átomo, para ele ir da primeira camada, pra última camada ele vai precisar... ele vai precisar emitir um fóton. E cada vez que ele vai pulando ele vai emitindo e se ele quiser voltar, ao invés de emitir ele vai ter que liberar o fóton.

Figura 25 - Sequência de imagens do gesto #C realizado pelo estudante A2



Fonte: a pesquisa

Tabela 9 - Código e descrição do gesto #C

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
#C dinâmico	CAMADAS-Utilizando o dedo indicador da mão esquerda, o estudante realiza movimentos circulares como se fosse as camadas do átomo de Bohr.

Fonte: a pesquisa

Ao citar a imagem que lembrou do livro didática, A2 realizou outro gesto relacionado ao mencionar as camadas. “A2: No livro, o que estava no livro era o átomo de Bohr [07:51, #AB] e o modelo de Bohr e [07:54, #CC] cada explicando a luz de cada camada era pelo...E: Escrito? A2: Isso aí tinha umas imagens. ”

Abaixo segue a imagem do gesto (Figura 26) e sua descrição (Tabela 10).

Figura 26 - Sequência de imagens do gesto #CC realizado pelo estudante A2



Fonte: a pesquisa

Tabela 10 - Código e descrição do gesto #CC

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
#CC dinâmico	CAMADA DE CORES-Com o dedo indicador e polegar juntos, na altura do rosto, o estudante realiza movimentos de vai e vem representando o movimento que é feito de uma camada a outra e que cada um é de uma cor.

Fonte: a pesquisa

Ao falar sobre as camadas, o estudante A4 também realizou gestos similares aos feitos pelo estudante A2. No trecho de sua entrevista, ele disse: “A4: Com o passar das camadas [02:50, #C] de dentro do núcleo para fora, vai aumentando a energia, no caso. E: Isso. A4: No caso ficando do vermelho, para o violeta mais forte.”

Abaixo segue a imagem do gesto (Figura 27) e sua descrição (Tabela 11).

Figura 27 - Sequência de imagens do gesto #C' realizado pelo estudante A4



Fonte: a pesquisa

Tabela 11 - Código e descrição do gesto #C'

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
#C' dinâmico	CAMADAS'- Utilizando as duas mãos, o estudante, usa o dedo polegar e indicador da mão direita e arrasta eles de cima para baixo em cima da mesa representando o passar das camadas do átomo de Bohr.

Fonte: a pesquisa

6.4.4 Gestos relacionados ao conceito de fóton

Dois alunos realizaram gestos relacionados ao conceito de fóton. No momento em que estavam explicando o que acontecia quando um elétron absorvia ou emitia um fóton, eles realizaram um gesto alusivo ao fóton. Tanto A2 como A4 realizaram o mesmo gesto ao falar sobre o fóton, executando um movimento de abrir e fechar a mão rapidamente no momento em que mencionam o fóton no decorrer de suas respostas na entrevista.

Segue o trecho da entrevista do aluno A1 no momento em que realizou um gesto no ao falar sobre o fóton, bem como a imagem (Figura 28) e a tabela descrevendo o gesto (Tabela 12).

A1: E quando ele se aproxima do núcleo ele emite um fóton. [00:41, #F]

E: Excelente, agora me diz uma coisa, quando tu ta me explicando, tu ta imaginando uma coisa, o que tu ta imaginando, o modelo ou outra coisa?

A1: Esse modelo.

E: Esse modelo. E quando tu fala se aproximar do núcleo ou se afasta do núcleo, o que tu vê na tua cabeça?

A1: Eu vejo ele soltado e...[01:56, #E], e emitindo um fóton [01:59, #F]

Figura 28 - Sequência de imagens do gesto #F realizado pelo estudante A1



Fonte: a pesquisa

Tabela 12 - Código e descrição do gesto #F

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
#F dinâmico	FÓTON-Utilizando a mão direita, ela realiza o gesto primeiramente fechando a mão e abrindo e logo após fecha novamente, representando um fóton sendo emitido.

Fonte: a pesquisa

A2 efetuou o gesto do fóton no seguinte momento:

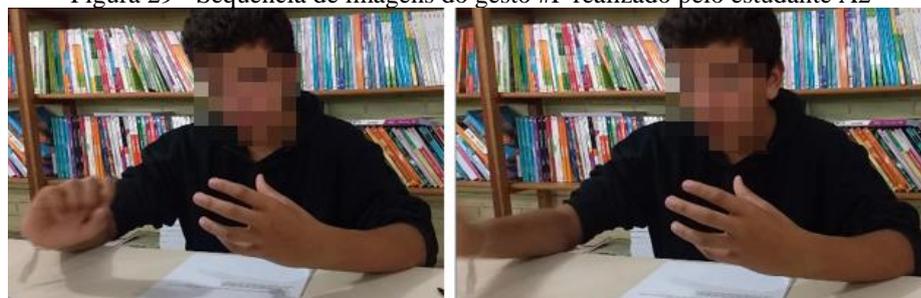
A2: Quando o elétron ele salta para uma órbita maior, maior não, para uma órbita menor ele vai liberar fóton. [03:47, #F]

E: Liberar fóton, certo.

A2: E daí quando ele salta de uma orbita menor [03:52, #S'] para uma maior ele vai emitir fóton.

Abaixo segue a imagem do gesto (Figura 29) e sua descrição (Tabela 13).

Figura 29 - Sequência de imagens do gesto #F realizado pelo estudante A2



Fonte: a pesquisa

Tabela 13 - Código e descrição do gesto #F

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
#F dinâmico	FÓTON-Utilizando a mão direita, ela realiza o gesto primeiramente fechando a mão e abrindo e logo após fecha novamente, representando um fóton sendo emitido.

Fonte: a pesquisa

6.4.5 Gestos relacionados a outros conceitos

A última subseção deste capítulo discute os seis diferentes gestos que os alunos realizaram. Os gestos eram sobre conceitos e imagens em algumas atividades desenvolvidas.

O primeiro gesto, #FX, foi sobre a imagem que o aluno lembrava de constar no livro didático utilizado no 30º encontro. O trecho da entrevista é dado abaixo, acompanhado da sequência de imagens e a descrição do gesto. “A2: *É que tinha...eu vi uma imagem e tinha [08:45, #AB] um átomo e cada camadinha com uma setinha, [08:48, #FX] uma flechinha falando qual cada cor seria.*”

Abaixo segue a imagem do gesto (Figura 30), a descrição do gesto (Tabela 14) e a imagem do livro no qual se referiu-se (Figura 31).

Figura 30 - Sequência de imagens do gesto #FX realizado pelo estudante A2



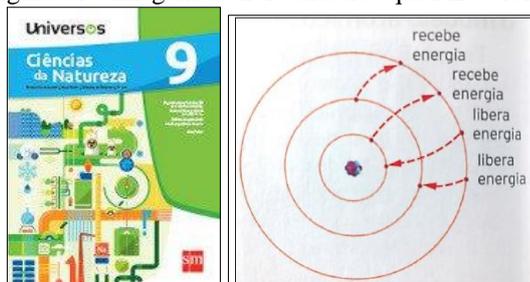
Fonte: a pesquisa

Tabela 14 - Código e descrição do gesto #FX

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
#FX dinâmico	FLECHA-Com o dedo indicador e polegar juntos realizando movimentos ‘zig-zag’ representando as flechas que continham em uma imagem do livro.

Fonte: a pesquisa

Figura 31 - Imagem do livro didático que A2 se refere

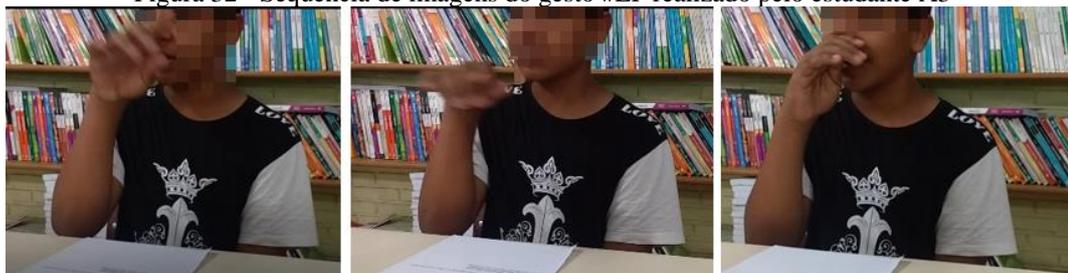


Fonte: Livro didático Ciências da Natureza (2017)

A eletrosfera foi representada em gestos por A3 no instante em que ele explicou o modelo do átomo de Bohr. Segue o trecho em que ele citou a eletrosfera: “A3: *O modelo de Bohr é um átomo que contém núcleo, que é, dentro do núcleo tem prótons e nêutrons e também em volta dele tem as eletrosferas [00:50, #EF] que são formadas por sete camadas, das mais fracas para as mais fortes.*”

Abaixo segue a imagem do gesto (Figura 32) e descrição do gesto (Tabela 15).

Figura 32 - Sequência de imagens do gesto #EF realizado pelo estudante A3



Fonte: a pesquisa

Tabela 15 - Código e descrição do gesto #EF

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
#EF dinâmico	ELETROSFERA- Gesto realizado com a mão direita do estudante, onde na altura do rosto ele realiza movimentos circulares no sentido anti-horário, representando a eletrosfera.

Fonte: a pesquisa

Ao final da entrevista, o entrevistador questionou se A3 usou, em alguma aula, algum aplicativo de *smartphone*. Ele respondeu que sim e, logo após, explicou o que lembrava, gesticulando acerca das cores das quais recordou.

Abaixo segue a imagem do gesto (Figura 33) e descrição do gesto (Tabela 16).

E: A professora usou, usou o celular e tu se lembra da ordem dele? Se o azul era para a esquerda ou para direita? Alguma coisa assim?

A3: O azul era pra lá. [05:47, #EE]

E: Pra lá, e o vermelho?

A3: Pra cá. (Direita)

E: E quando tu fala isso pra mim tu enxerga a tela do celular na tua frente?

A3: eu enxergo aah, o modelo todo de cores, o visível.

E: O espectro? A3: Vermelho, amarelo, laranja, verde, azul.

Figura 33 - Sequência de imagens do gesto #EF realizado pelo estudante A3



Fonte: a pesquisa

Tabela 16 - Código e descrição do gesto #EE

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
#EE dinâmico	ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO- O estudante, primeiramente, se vira de costas e com o braço direito realiza um movimento horizontal da direita para a esquerda representando a imagem que ele tinha em mente referente ao espectro eletromagnético.

Fonte: a pesquisa

Na primeira questão, sobre o que é o átomo de Bohr, A4 aparentava muito nervosismo a princípio. Mas em seguida retratou o que lembrava da aula anterior, na qual foi usado o modelo do átomo de Bohr de LED.

A4: Aí do núcleo dele é menor [01:28, #EG] e pra fora dele vai aumentando, mais forte a energia

E: Vai ficando mais forte a energia?

A4: É vai ficando mais... É aumenta a energia. Tem camada, energia, núcleo.

Abaixo é dada a imagem com o gesto (Figura 34) que A4 executou ao falar sobre o que foi realizado na aula anterior. Na tabela 17 está a descrição do gesto.

Figura 34 - Imagem do gesto #EF realizado pelo estudante A3



Fonte: a pesquisa

Tabela 17 - Código e descrição do gesto #EG

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
#EG dinâmico	ENERGIA- Com a mão direita o estudante realiza um movimento em linha reta em cima da mesa representando a energia das camadas, da ponta da mesa em direção a ele.

Fonte: a pesquisa

Logo, nessa subseção podemos observar que os principais conceitos com relação ao átomo de Bohr são gesticulados pelos estudantes. Conforme Monaghan e Clement (1999) isso demonstra que os gestos realizados pelos alunos trazem indícios sobre as imagens mentais, logo, foi possível associar os gestos com suas imagens mentais oriundas das atividades baseadas nas mediações da TMC.

Acreditamos que os gestos podem contribuir na busca por evidências da aprendizagem significativa. Pois, ao realizar gestos (que tenham relação com alguma mediação, não quaisquer gestos), é possível compreender o vínculo existente do gesto com sua imagem mental. Isto é, ao realizar o gesto e ao ser questionado para explicitar de onde e o que significa aquele gesto, o aluno retrata o que está se passando em sua mente. Assim, o aluno externalizar se está utilizando e se sim, qual *driver* para explicar e justificar sua resposta.

Portanto, os gestos trazem indícios da utilização de *drivers* de alguma (ou mais) mediações da TMC no transpassar da entrevista, logo, isso aponta indícios de aprendizagem significativa ao utilizar situações (nesse caso as mediações na sequência didática) para explicar suas respostas.

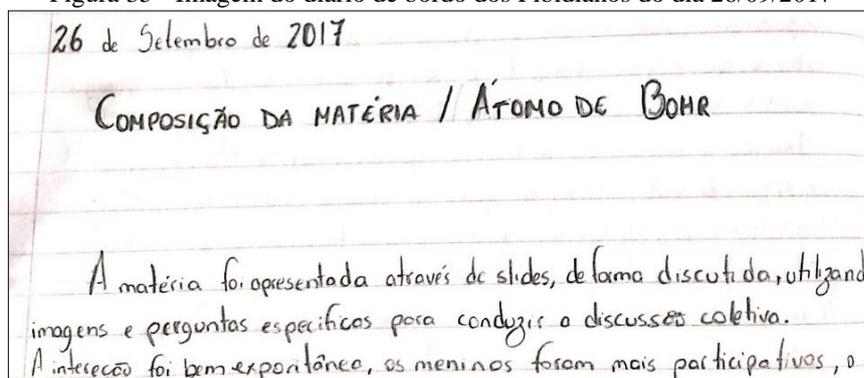
6.5 RESULTADOS REFERENTES À METODOLOGIA DIDÁTICA – SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOB A PERSPECTIVA DA TMC BASEADA EM UEPS

Nessa seção será exposto as descrições de cada encontro com os alunos. Os relatos contarão com uma breve explanação do momento, sendo ilustrado com imagens e trechos do diário de bordo dos Pibidianos. Começa-se com o 26º encontro, visto ser o início da Fase II, com a utilização da Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS e tendo como tema central o átomo de Bohr, finalidade de nossa pesquisa.

26º Encontro - A primeira aula do segundo momento do projeto de pesquisa iniciou com o seguinte questionamento: “Do que são feitas as coisas?” Após esse primeiro instante, foi

apresentado o conceito do átomo de Bohr (Figura 35) partindo-se da análise da evolução dos modelos atômicos. Em seguida as características do átomo de Bohr foram listadas, juntamente com a apresentação e a explicação dos postulados do modelo de Bohr e do processo de emissão de luz.

Figura 35 - Imagem do diário de bordo dos Pibidianos do dia 26/09/2017

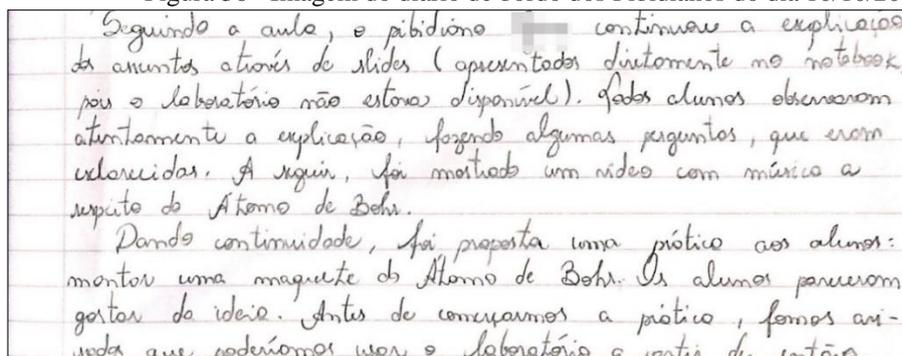


Fonte: a pesquisa

27º Encontro – Neste encontro não ocorreu a aplicação da sequência didática, mas sim, um experimento que os Pibidianos realizaram em conjunto com os alunos sobre a luz UV. Desta forma, os alunos no primeiro momento, construíram a ‘Caixa preta’, pintando uma caixa de papelão com a cor preta. Após os estudantes utilizaram os seguintes materiais: marca texto, água tônica e sabão em pó, onde realizaram os experimentos de visualização da fluorescência destes materiais dentro da caixa preta com o uso de uma lâmpada UV (e luz negra adaptada com flash do celular) aos tipos de luminescência gerados a partir do contato com determinadas substâncias (MICHAELSEN; FREITAS; SERRANO, 2017).

28º Encontro - Nessa aula foi iniciada a construção material do modelo do átomo de Bohr utilizando-se fios condutores, bolinhas de isopor, tinta e fita adesiva. Em seguida foi pintado o espectro visível em uma folha de cartolina. Durante a pintura, conceitos relacionados ao espectro visível como cor e frequência foram explicados (Figura 37). Essa atividade teve como intuito a mediação psicofísica conforme visto no diário de bordo a seguir (Figura 36).

Figura 36 - Imagem do diário de bordo dos Pibidianos do dia 10/10/2017



Fonte: a pesquisa

Figura 37 - Materiais para a elaboração do modelo do átomo de Bohr. (II) -Alunos ao redor dos materiais para a confecção do modelo do átomo de Bohr



Fonte: a pesquisa

29º Encontro - Continuação da aula anterior (confecção do átomo de Bohr com cartolina, bola de isopor e fios de cobre).

30º Encontro - Esse encontro prosseguiu com a construção de um modelo do átomo de Bohr seguindo a mediação Psicofísica. O modelo foi confeccionado com velcro, cujo objetivo foi o de ilustrar o salto de um elétron de uma camada para outra. Com a finalização do modelo, os estudantes utilizaram o livro didático.

Essa atividade incluiu a divisão dos alunos em duplas, as quais receberam um livro didático cada (de editoras diferentes). Após estudarem o átomo de Bohr, os alunos explicaram ao grande grupo a parte relativa ao átomo de Bohr no livro e debateram brevemente as diferenças entre as obras, sobretudo entre as ilustrações do átomo de Bohr (Figura 38).

Ao trabalharem com o livro didático, os alunos estiveram em contato com a mediação cultural.

Figura 38 - (I) Alunos na leitura sobre o átomo de Bohr em livros didáticos. (II) Alunos confeccionando o modelo do átomo de Bohr feito com velcro e cartolina



Fonte: a pesquisa

31º Encontro - Os modelos construídos nas aulas anteriores foram usados na primeira etapa da Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS. Após essa etapa, os alunos utilizaram um simulador computacional do átomo de Bohr. Os alunos podiam modificar a distância das órbitas eletrônicas e controlar a absorção e a emissão de energia. Devido ao número reduzido de computadores disponíveis na escola, os estudantes tiveram que trabalhar

em duplas ou trios e precisaram se revezar no preenchimento do guia do roteiro e realizar a simulação computacional.

O guia é por quatro atividades que seguem a técnica descrita como P.O.E (*Predict-Observe-Explain*) (TAO; GUNSTONE, 1999). Esta técnica consiste em fazer com que a pessoa tente prever o que ocorre antes da simulação e registrar suas observações. Em seguida, a simulação é realizada, e o aluno observa o que acontece, registrando o que vê. Finalmente, ele compara o que esperava que fosse acontecer com o que foi simulado, tentando explicar diferenças entre o observado e o previsto.

Por conta da falta de computadores, essa atividade foi realizada em uma única aula e foi baseada na mediação hipercultural. A figura abaixo (Figura 39) mostra a tela da simulação do átomo de Bohr e os alunos trabalhando nesta atividade proposta.

Figura 39 - (I) Imagem da simulação computacional Bohr Atom. (II) Alunos na execução do roteiro da simulação computacional



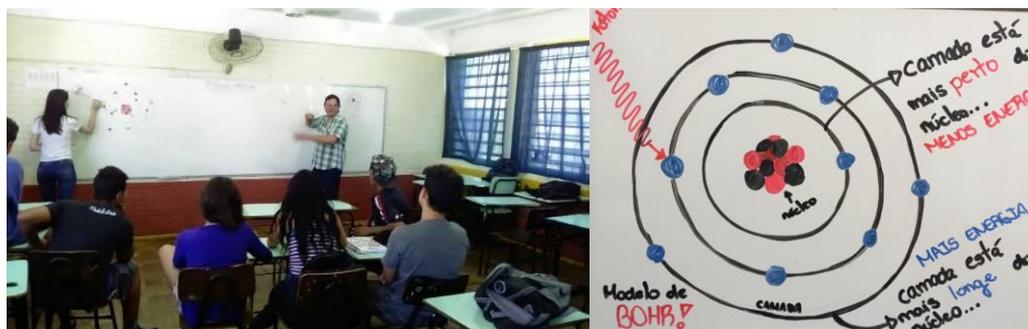
Fonte: a pesquisa

32º Encontro - Cancelado. Havia passeio com todos os alunos da escola.

33º Encontro- Essa foi a última aula antes das entrevistas realizadas na semana seguinte. Após a etapa I da Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS, dois Pibidianos explicaram o funcionamento e o conceito do átomo de Bohr no quadro. Essa atividade foi voltada para a interação entre professor e aluno, a mediação social descrita na TMC. A explicação dada foi bem detalhada, com boa participação dos alunos enquanto um Pibiano explicava o conteúdo ao desenhar no quadro (Figura 40).

Esse momento foi baseado na mediação social da TMC, na qual ocorreu uma interação entre o professor e os alunos. Logo após os estudantes puderam utilizar o modelo do átomo de Bohr construído com isopor e com LED pelos Pibidianos (Figura 41). Esse modelo chamou a atenção dos alunos, e todos puderam e quiseram manuseá-lo.

Figura 40 - (I) Pibidianos explicando como funciona o modelo do átomo de Bohr no quadro. (II) Imagem do quadro com a representação e descrição do átomo de Bohr



Fonte: a pesquisa

Figura 41 - (I) Pibidianos e alunos utilizando o *app SpectraUPB*. (II) Modelo do átomo de Bohr feito com LED



Fonte: a pesquisa

34º Encontro – Nesse encontro ocorreu as entrevistas, na biblioteca da escola. No momento em que os autores dessa pesquisa entrevistavam os alunos, os demais estudantes aguardavam, realizando uma atividade com os Pibidianos na sala ao lado. A entrevista na biblioteca teve alguns imprevistos, como por exemplo, o ruído excessivo durante as entrevistas de alunos conversando naquele local. Além disso, algumas entrevistas foram feitas coincidindo com o horário de recreio das crianças, aumentando o ruído, prejudicando o áudio do vídeo e talvez, a concentração dos entrevistados.

Abaixo, seguem as três questões que os alunos foram responderam sobre o modelo do átomo de Bohr.

1. Explique, com suas próprias palavras, como se estivesse falando para um colega, o que é o modelo do **átomo de Bohr**. Você poderá utilizar desenhos e texto.
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;**
 Você poderá utilizar desenhos e texto para responder.

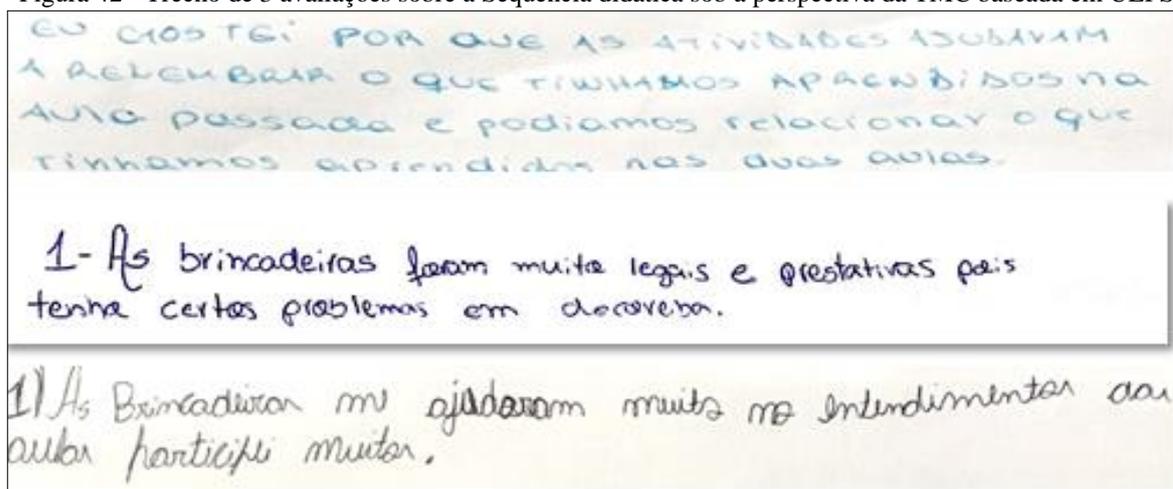
3. Imagine que um elétron em uma órbita bem distante, em um átomo de Bohr, salte para a órbita mais próxima do núcleo. Agora imagine que, em um outro átomo de Bohr, um elétron mais próximo salta também para a órbita mais próxima, isto é, um salto bem menor que o anterior. Diga, com suas próprias palavras, como se estivesse explicando para um colega, se existe **diferença na radiação emitida** por estes dois diferentes elétrons devido às diferenças entre seus saltos. Você poderá utilizar desenhos e texto para responder.

35º Encontro - O último encontro incluiu a avaliação de todo o projeto e da Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS e o projeto Pibid. Essa avaliação ocorreu como diálogo com os alunos. Ela foi registrada no diário de bordo dos Pibidianos por uma Pibidiana, e os alunos escreveram sua opinião sobre o projeto em uma folha de papel.

Nesta seção mostramos os resultados obtidos na parte didática de nossa pesquisa. Na primeira fase foram utilizadas sete UEPS, as quais não estão presentes nessa dissertação, mas que podem ser acessadas via o seguinte link: https://drive.google.com/drive/folders/13g2ATPvy2Qiz6x1jFmQ_94TiCUFWAWMZ?usp=sharing.

A seguir, será apresentado alguns resultados que obtivemos após o último encontro com os alunos. Na figura 42 os alunos destacaram muito a primeira etapa da Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS, relatando a importância que elas tiveram em relembrar conceitos e no entendimento sobre o mesmo.

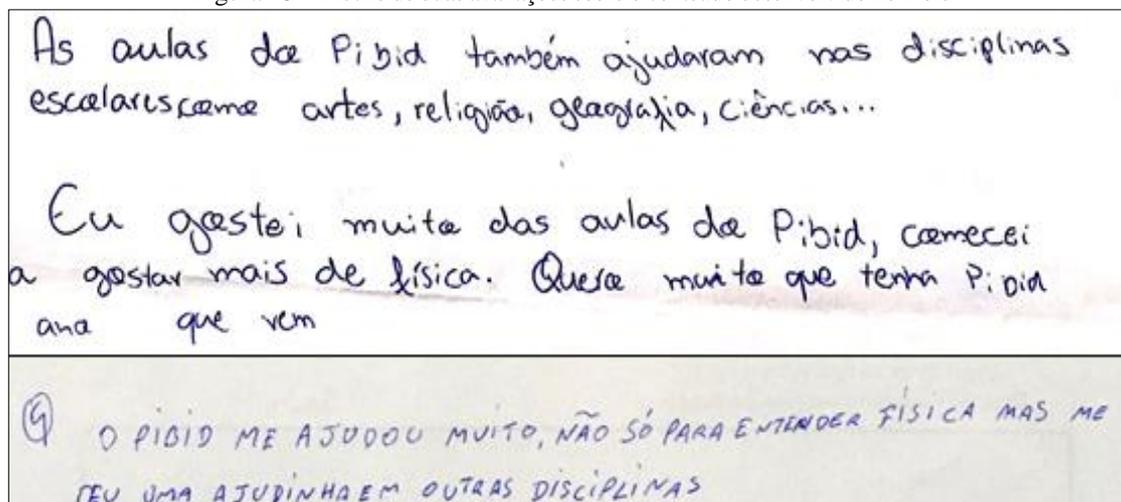
Figura 42 - Trecho de 3 avaliações sobre a Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS



Fonte: a pesquisa

Na figura 43 os alunos destacam como as aulas do Pibid auxiliaram em outras disciplinas.

Figura 43 - Trecho de duas avaliações sobre o conteúdo desenvolvido no Pibid



Fonte: a pesquisa

Assim, destacamos alguns pontos, listados abaixo, sobre o reflexo que as sequências didáticas sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS, bem como toda a metodologia utilizada no subprojeto Pibid de Física, tiveram no processo de aprendizagem dos estudantes.

- A primeira etapa da Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS possibilitou aos alunos lembrarem os conteúdos desenvolvidos nas aulas anteriores, despertando a curiosidade no assunto que seria trabalhado na aula;
- As experiências realizadas na terceira etapa da Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS proporcionaram aos estudantes serem protagonistas e mais ativos durante as aulas, aumentando o interesse e a participação;
- Após a aplicação da Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS, o número de alunos não diminuiu, permanecendo entre 8 a 10 alunos por encontro, em média;
- As atividades desenvolvidas em grupos permitiram que os alunos se ajudassem uns aos outros, aumentando a interação;
- Um fator importante que os alunos levantaram é que o Pibid os auxiliou nas disciplinas de Ciências (8º ano) e Física e Química (9º ano), reforçando ou apresentando alguns conteúdos que também eram desenvolvidos nessas disciplinas;

- Três alunos participantes do Pibid foram aprovados para a V IFCITEC, a Feira de Ciências e Inovação Tecnológica do IFRS, Campus Canoas, com o trabalho intitulado *O Câncer e as Ondas Eletromagnéticas: um Estudo Relacionado ao Uso de Celulares*. A participação nesse evento contribuiu para a divulgação do Pibid e da escola, visto que foi a primeira vez que a escola esteve presente nessa feira.

6.6 RELAÇÃO ENTRE A TMC E TAS COM A PRESENTE PESQUISA

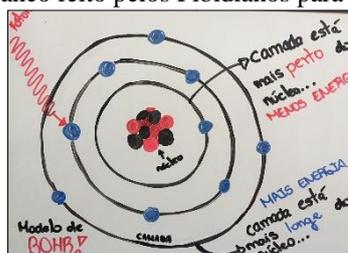
Nessa seção será explanado sobre a relação das duas teorias, TMC e TAS, com a presente pesquisa, trazendo indícios mais claros referentes a teoria como suporte nas atividades realizadas em busca de responder à pergunta de pesquisa e de alcançar os objetivos propostos.

6.6.1 TMC e a presente pesquisa

Durante as atividades na escola com os alunos, atividades que abordassem as quatro mediações da TMC foram realizadas com o intuito de explicitar o modelo do átomo de Bohr.

A mediação Social ocorreu por meio de aulas no quadro branco. Os professores estimulavam os alunos a debaterem no grande grupo ao realizarem perguntas sobre o átomo de Bohr. Além disso, os professores usaram canetas de cores diferentes para desenhar o modelo do átomo de Bohr no quadro (Figura 44), dando maior destaque a ele.

Figura 44 - Imagens do quadro branco feito pelos Pibidianos para explanação sobre o átomo de Bohr

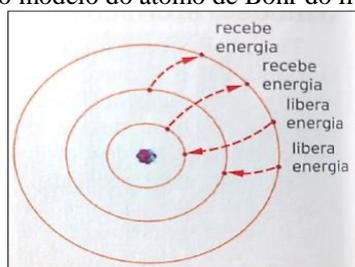


Fonte: a pesquisa

A mediação Cultural aconteceu em duas aulas, nas quais os alunos utilizaram três livros didáticos de Ciência do 9º ano do EF aprovados pelo PNLD 2017 (BRASIL, 2017). Esses livros foram selecionados utilizando-se o critério de incluírem conteúdo referente ao átomo de Bohr.

Os alunos se dividiram em duplas e cada dupla estudou a parte do livro que continha o conteúdo do átomo de Bohr (Figura 45). Após, eles apresentaram seus conhecimentos para a turma e, no final, todos debatiam sobre as diferenças entre os livros e o que compreenderam sobre o átomo de Bohr após lerem sobre o assunto.

Figura 45 - Imagem do modelo do átomo de Bohr do livro didático dos alunos



Fonte: a pesquisa

Mediação Psicofísica foi a mediação mais comum, sendo observada em quatro aulas. Nas atividades propostas, os alunos puderam interagir com um modelo do átomo de Bohr feito com isopor e LED. No isopor foi desenhada uma representação das órbitas do modelo do átomo de Bohr. Cada vez que o elétron saltava de uma órbita para outra, o aluno visualizava o fenômeno por meio das luzes de LED. Essas aulas funcionavam com os Pibidianos realizando perguntas para os alunos ao mesmo tempo em que estes manuseavam o modelo de LED, como por exemplo: O que acontece quando um elétron salta de uma órbita maior para uma menor? A cor muda? Que cor ficou?

Dessa forma, os alunos iam respondendo voluntariamente e interagindo com o modelo de LED, como é possível observar na figura abaixo (Figura 46).

Figura 46 - Modelo do átomo de Bohr confeccionado com LED



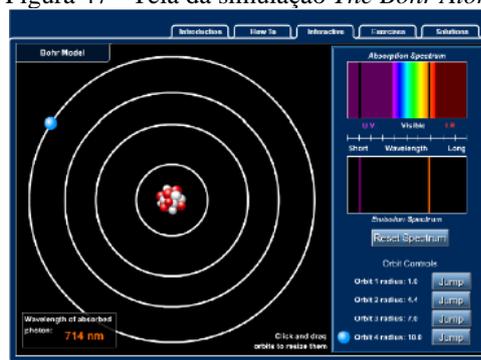
Fonte: a pesquisa

Com o uso da simulação computacional, *The Bohr Atom*⁵, os alunos poderiam modificar a distância das órbitas eletrônicas e controlar a absorção e a emissão de energia. Devido ao número limitado de computadores disponíveis na escola, os estudantes tiveram que trabalhar em duplas ou trios, tendo que se revezar no preenchimento do guia do roteiro e na simulação computacional.

O guia era composto por quatro atividades, entre as quais a técnica descrita como P.O.E (*Predict-Observe-Explain*) (TAO; GUNSTONE, 1999). Esta técnica consiste em fazer com que o indivíduo 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.

Devido à falta de computadores, essa atividade realizou-se em apenas uma aula. A figura abaixo mostra a tela da simulação do átomo de Bohr (Figura 47).

Figura 47 - Tela da simulação *The Bohr Atom*



Fonte: a pesquisa

6.6.2 TAS e a presente pesquisa

Sendo o conhecimento prévio primordial para a aprendizagem significativa, em nossa pesquisa elaboramos atividades que levam os alunos participantes a externalizar o que já conhecem sobre o assunto abordado. Isso permite aos professores desenvolver a percepção de como poderiam desenvolver a aula em seu decorrer. Segundo David Ausubel, o professor consegue descobrir o que o aprendiz já sabe e, dessa maneira, guiar, da melhor forma, o que se pretende ensinar.

⁵https://highered.mheducation.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::800::600::/sites/dl/free/0072482621/59229/Bohr_Nav.swf::The%20Bohr%20Atom

Conforme Moreira (2012), os conhecimentos prévios servem como base para a atribuição de significados de uma nova informação, na qual os subsunçores podem se modificar. Isto é, os subsunçores se estabelecem e podem atuar mutualmente entre si. Assim, a estrutura cognitiva do estudante acaba sempre se reestruturando no decorrer da aprendizagem significativa.

Os conhecimentos prévios dos alunos nessa pesquisa eram trabalhados no início da aula, os Pibidianos, utilizaram vídeos, imagens e questões para começar a aula. Após a pergunta ser formulada ou um vídeo/imagem ser apresentado, os alunos eram convidados a debater, no grande grupo, sobre o que recordavam e de que maneira imaginavam determinado conceito questionado no início da aula.

Para Ausubel, a TAS coloca duas condições para que a aprendizagem significativa ocorra: a disponibilidade de material potencialmente significativo e a disposição do estudante de aprender. Nesse sentido, buscamos, em nossa pesquisa, trabalhar com assuntos nos quais os alunos demonstrassem interesse. No decorrer dos meses em que aconteceu o subprojeto Pibid de Física na escola, realizamos *feedbacks* semanalmente, buscando sempre compreender o que os alunos apreciavam ou não.

Percebemos desde o começo das aulas que os estudantes demonstravam maior interesse por experiências durante a aula, não apenas aulas baseadas em explicações orais no Datashow. Por essa razão começamos a utilizar, em todas as aulas, experiências acessíveis a eles, as quais poderiam despertar a predisposição de aprender com materiais potencialmente significativos, isto é, materiais que pudessem ser incorporáveis à estrutura cognitiva do estudante.

Com o intuito de promover a aprendizagem significativa, não a aprendizagem mecânica, os assuntos definidos para ser trabalhado na pesquisa foram Ondas Eletromagnéticas e o Átomo de Bohr. Esses assuntos não requerem muitas equações, o que, em contrapartida, é o oposto do que se observa no ensino de mecânica, por exemplo, em que muitas vezes ocorre a memorização para a solução das equações, sem aprendizagem significativa.

Durante as aulas utilizamos exemplos do cotidiano dos alunos, trazendo situações do cotidiano escolar. Por exemplo, ao trabalharmos o conceito do infravermelho, procuramos trazer aos discentes a utilização do controle remoto, o qual é composto pelo LED infravermelho. Luz negra em festas foi outro exemplo usado durante as aulas para desenvolver o conceito de luz ultravioleta.

O uso de organizadores prévios para permitir aos estudantes elaborar a relação entre o novo conhecimento e os subsunçores existentes foi baseado em materiais e atividades

diferenciadas. Os materiais foram imagens e trechos de vídeos que remetiam ao conceito que seria trabalhado. As atividades eram realizadas na primeira etapa da Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS, a qual foi elaborada após *feedbacks* por meio de jogos que tinham como objetivo relembrar conceitos anteriores e introduzir conceitos que seriam abordados na mesma aula.

Por meio da primeira etapa da sequência didática proposta podemos relacionar com o que Ausubel chama de assimilação obliteradora, em que os estudantes ao serem expostos a organizadores prévios, puderam lembrar o conhecimento que haviam esquecido que estava ‘dentro’ do subsunçor, isto é, um resíduo dele no subsunçor.

Assim, baseado na TAS de David Ausubel, a presente pesquisa buscou possibilitar a estudantes do EF a terem uma aprendizagem significativa sobre o modelo do átomo de Bohr por meio de sequências didáticas de acordo com a TAS.

6.7 EVIDÊNCIAS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Muitas pesquisas utilizam-se de mapas conceituais ou a aplicação de atividades por meio de situações novas em busca de evidências de aprendizagem significativa (RIBEIRO et al., 2018; GEWEHR; NEIDE; DULLIUS, 2018; ALMEIDA; DA COSTA; LOPES, 2016, PARISOTO; MOREIRA; KILIAN, 2016; SCHITTLER; MOREIRA, 2016).

Na pretensão de encontrar evidências de aprendizagem significativa com os estudantes do EF, utilizamos como critérios nessa pesquisa a **utilização dos *drivers*** em suas respostas e justificativas no decorrer da entrevista, pelo protocolo *Report Aloud*, e pelo **tempo** em que ocorreu uma entrevista da outra (11 meses).

Por intermédio do protocolo e da análise foi possível verificar que os estudantes ao utilizarem *drivers* advindos de uma (ou mais) mediações da TMC (aporte teórico dessa pesquisa) apresentaram indícios de aprendizagem significativa. O porquê? Os alunos ao explanarem sobre de que maneira eles explicariam para uma colega sobre o que é o átomo de Bohr (questão 1 da entrevista), por exemplo, eles usavam *drivers* de determinada mediação para explicitar o que estava se passando em suas mentes e justificando suas respostas.

Além disso, em alguns momentos os estudantes utilizavam gestos para explicar. Estes gestos, conforme Monaghan e Clement (1999), seriam um vínculo entre suas imagens mentais, isto é, com os *drivers* em que eles estão utilizando para explicar.

De acordo com Moreira (2015), Ausubel acredita que, para encontrarmos evidências de aprendizagem significativa, precisamos evitar a “simulação da aprendizagem significativa”. Ou seja, é necessário formular questões e problemas para que tal aprendizagem seja nova, não muito familiar, capaz de propiciar ao aprendiz uma transformação mais abrangente do conhecimento adquirido.

Em trabalho anterior, Moreira (2012) afirma que é extremamente importante a busca por evidências de aprendizagem significativa, não apenas o estabelecimento da aprendizagem significativa. É importante a recursividade, na qual o aprendiz pode externar os significados que está compreendendo, justificando suas respostas. Ainda sobre os indícios de aprendizagem significativa, Moreira (2012) declara que

Sem dúvida, bastante difícil a avaliação da aprendizagem significativa. Principalmente porque implica uma nova postura frente à avaliação. É muito mais simples a avaliação do tipo certo ou errado, mas o resultado é, em grande parte, aprendizagem mecânica (MOREIRA, 2012, p. 24).

Em face do que foi colocado e devido aos principais aspectos atuantes na busca de evidências de aprendizagem significativa e às dificuldades enfrentadas nessa busca, optamos por retornar à escola após alguns meses e realizar uma nova coleta de dados. Onze meses após o término do projeto em novembro de 2017, retornamos à escola em outubro de 2018 e entrevistamos três (A1, A2 e A3) dos cinco estudantes participantes da primeira coleta de dados.

As entrevistas foram realizadas conforme nos moldes das anteriores, a exemplo de como procederam Wolff (2015) e Schittler (2015) em suas pesquisas de doutoramento, na qual estes autores entrevistaram os alunos após seis (WOLFF, 2015) e 10 meses (SCHITTLER, 2015).

A coleta de dados em outubro de 2018 foi realizada com base em três perguntas centrais. Porém, como a entrevista era semiestruturada, novas perguntas foram surgindo no decorrer dela, quando os alunos passaram a utilizar imagens mentais e *drivers* oriundos das mediações da TMC.

Assim, passa-se a discutir alguns pontos dessas entrevistas buscando relacionar a entrevista a gestos anteriores, como evidências de aprendizagem significativa.

De maneira geral, **a primeira questão** indagou acerca do modo como eles, os alunos, explicariam para um colega **o que era o átomo de Bohr**. As respostas dadas por todos os estudantes foram semelhantes àsquelas dadas na primeira entrevista. A1 (Categoria I) permaneceu utilizando *drivers* oriundos da mediação psicofísica e hipercultural. A seguir é

reproduzido um trecho da entrevista em que A1 relata que usaria a maquete (mediação psicofísica) para explicar o conteúdo a um colega. A1 completou, dizendo que, em sua mente, ela imagina a imagem da simulação computacional (Quadro 21).

Quadro 21 - Comparação entre as entrevistas de 2017 e 2018

Entrevista realizada em nov/2017	Entrevista realizada em out/2018
<p>E: Os dois. Tipo um do lado, ou os dois juntos? A1: Um do lado do outro</p>	<p>E: Se tu fosse explicar para um dos teus colegas agora o que é o átomo de Bohr, tu usaria a simulação ou a maquete? A1: A maquete. E: A maquete. A maquete que tu usaria para explicar para um colega. Mas quando tu imagina, tu pensa no que? A1: Humm, eu penso na simulação no computador. E: E tu pensa elas junto ou separado? A1: Separado.</p>

Fonte: a pesquisa

Na entrevista de 2017, a aluna A1 imaginou as duas mediações ao mesmo tempo. Porém, após quase um ano, ela afirmou que, para explicar o conteúdo a um colega ela utilizaria a mediação ainda que, em sua mente, é a imagem da simulação que surgia. Conforme Wolff (2015), no momento em que *drivers* são acessados ou mesmo modificados, aprendizagem significativa pode ter ocorrido. Além disso, A1 realizou gestos semelhantes ao mencionar a imagem do elétron (Figura 48).

Figura 48 – Gestos #E da estudante A1



Fonte: a pesquisa

O estudante A2 (Categoria II), ao responder a essa primeira questão, mencionou as mediações psicofísica e hipercultural quando indagado sobre o que ele imaginava ser o átomo de Bohr (Quadro 22).

Quadro 22 – Trechos das entrevistas de 2017 e 2018 sobre a primeira questão

Entrevista realizada em nov/2017	Entrevista realizada em out/2018
<p>A2:Eu penso no átomo, eu penso no modelo que...</p> <p>E: Que modelo é esse? Um que tu viu que eles trabalharam, de livro de onde é que ele veio?</p> <p>A2: A gente trabalhou aquele do ...</p> <p>E: Algum desses daqui?</p> <p>A2: Foi o primeiro.</p> <p>E: E esse daqui?</p> <p>A2:O primeiro.</p> <p>E: Exatamente, o que foi trabalhado no quadro, isso?</p> <p>A2: Isso.</p>	<p>A2: Primeiro, duas coisas: a maquete, que é feita com LED e mais a do computador.</p> <p>E: A do computador. Tu imagina elas junto ou separado?</p> <p>A2: Eu imagina as duas trabalhando no mesmo conjunto.</p> <p>E: Em conjunto?</p> <p>A2: É. As duas trabalhando no mesmo conjunto.</p>

Fonte: a pesquisa

O estudante A2, ao responder à primeira questão na entrevista de 2017, utilizou *drivers* oriundos da mediação social para explicar o que ele entendia sobre o modelo do átomo de Bohr. Passados 11 meses, ao responder a essa mesma pergunta ele utilizou *drivers* advindos das mediações psicofísica e hipercultural.

Já o estudante A3 retratou a simulação computacional em sua mente, mas sob um aspecto diferente. A3 imaginava o átomo como algo “antigo”. Isto é, ele via, na simulação computacional, a descrição da imagem do átomo conforme aquela mostrada na série *The Big Bang Theory*, tal qual havia mencionado na entrevista anterior (Figura 49).

E: E quando tu está me falando, tu tá imaginando a simulação, tá lembrando o modelo de LED, o professor explicando...

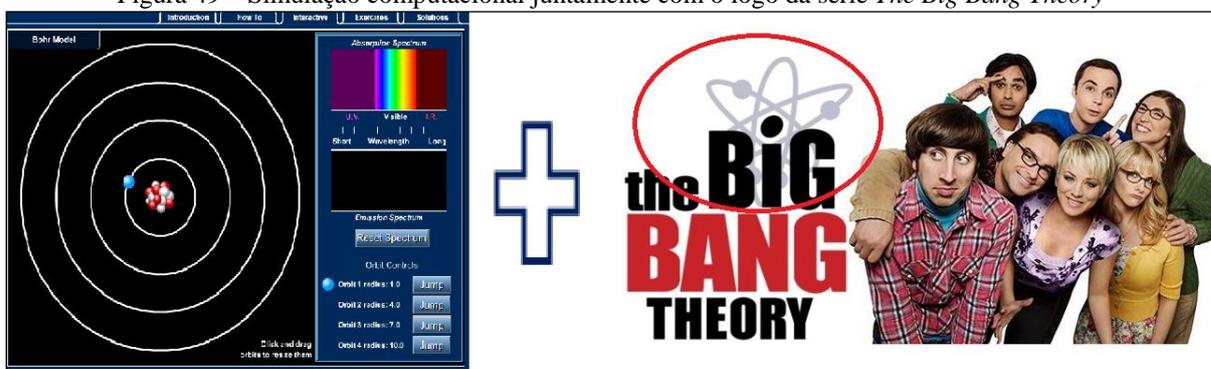
A3: Na simulação eu to imaginando o modelo do átomo antigo. Que é aquele que tem as ‘voltinhas’.

E: Ah, a simulação tu tá lembrando do modelo do átomo antigo no caso.

A3: Na explicação eu to explicando na maquete.

E: Ah, quando tu realiza esses gestos tu está imaginando a maquete feita com LED, isso?

A3: Sim.

Figura 49 – Simulação computacional juntamente com o logo da série *The Big Bang Theory*

Fonte: a pesquisa

Para responder à questão 2, sobre o que ocorre quando um elétron salta de uma órbita para outra, os estudantes A1 e A3 (ambos da Categoria I) utilizaram *drivers* da mediação hipercultural. O estudante A2 (Categoria II) usou *drivers da mediação social* juntamente com os da mediação hipercultural. Abaixo é possível ver trechos das três entrevistas sobre essa questão (Quadro 23).

Quadro 23 – Trechos advindos da questão dois da entrevista

ALUNO	TRECHOS ADVINDOS DA QUESTÃO DOIS DA ENTREVISTA
<p>A1 – Categoria I (Psicofísica + Hipercultural)</p>	<p>E: E a segunda questão que fala dos saltos. O que tu imagina? A1: Que cada vez que chega um elétron, mais um elétron na camada, ela vai se aproximando. E: E isso quando tu estás me explicando, como é que tu imagina? A1: Ah, sei lá...um raio. E: Um raio? E como é esse raio? Formato, tamanho dele, a cor... A1: Aaah, pequeno e amarelo. E: Pequeno e amarelo. E isso vem de onde? A1: Da simulação.</p>
<p>A2 – Categoria II (Social + Hipercultural)</p>	<p>E: Ta e a segunda questão? A2: Quando ele salta de uma maior perde elétron. E quando ele salta de uma menor para uma maior ele ganha elétron. E: E quando tu está me falando isso de ganhar ou perder elétron, tu está imaginando o que? A2: Explicação do professor. E: A explicação do professor? A2: No quadro. E: No quadro? A2: Tanto no quadro tanto no modelo do computador, que ele tinha explicado no projetor.</p>
<p>A3 – Categoria I (Psicofísica + Hipercultural)</p>	<p>E: Certo e na segunda questão? Quando o elétron salta de uma órbita a outra, o que tu imagina? A3: Eu imagino ele ganhando energia. E: Energia? Certo. A3: É como se ele tivesse se sobrecarregando. E: Humm. Como assim se sobrecarregando? A3: Ganhando muita energia e meio que evoluindo. Ah sim, ganhando energia e evoluindo. [...] E: Ah, várias cores. E que cores seriam? A3: Laranja, amarela. E: Laranja. Amarela. E que tamanho seriam? A3: Pequeno. E: Pequenas e de cores quente. A3: Sim. E: E essa imagem tu acha que vem da onde? Tu viu alguma coisa sobre a imagem do fóton no Pibid? A3: Eu vi naquele negocinho lá sabe, do computador.</p>

Fonte: a pesquisa

A última questão, sobre a diferença de radiação emitida, não foi respondida por todos os estudantes. A1 não se recordava se havia diferença ou não, A2 afirmou que não se recordava muito bem para explicar, mas que sabia que existe uma diferença e, quando questionado, sobre o que imagina, afirma que está imaginando a simulação computacional para responder à pergunta, assim como na entrevista anterior. Ou seja, ele buscou utilizar *drivers* da mediação hipercultural para responder à pergunta (Quadro 24).

Quadro 24 – Comparação entre as entrevistas de 2017 e 2018

Entrevista realizada em nov/2017	Entrevista realizada em out/2018
<p>A2: Essa três aqui eu tô tentando me lembrar do computador.</p> <p>E: Lembrar do computador, ah , ótimo tu já me dizendo de onde tu tá pensando.</p> <p>A2:O primeiro, o primeiro átomo é aquele que vai para uma camada mais perto do núcleo ... Uma dúvida que eu não tinha entendido.</p>	<p>E: O que foi isso que tu fez agora?</p> <p>A2: O núcleo. Eu lembrei um pouco da explicação do professor com a simulação.</p> <p>E:A explicação do professor com a simulação computacional. E quando tu fala do movimento, tu está imaginando o que?</p> <p>A2: To imaginando o elétron girando e voltando para a camada e mudando a cor.</p> <p>E: E isso na simulação computacional?</p> <p>A2: Sim.</p>

Fonte: a pesquisa

Sobre a representação do fóton, o estudante A1 imaginava o fóton como um raio. Em ambas as entrevistas ele afirmou que a imagem que ele tinha era oriunda da simulação computacional (Quadro 25).

Quadro 25 - Comparação entre as entrevistas de 2017 e 2018

Entrevista realizada em nov/2017	Entrevista realizada em out/2018
<p>E: E esse fóton, como é a cara dele como ele se parece, como tu imagina?</p> <p>A1: Um raio.</p> <p>E: Um raio, um raio que aparece ali ou em outro lugar?</p> <p>A1: Que aparece na imagem do computador.</p>	<p>E: E isso quando tu estás me explicando, como é que tu imagina?</p> <p>A1:Ah, sei lá...um raio.</p> <p>E: Um raio? E como é esse raio? Formato, tamanho dele, a cor...</p> <p>A1: Aaah, pequeno e amarelo.</p> <p>E:Pequeno e amarelo. E isso vem de onde?</p> <p>A1: Ah, não sei.</p> <p>E: Vem da simulação, vem da maquete, vem do livro...?</p> <p>A1: Da simulação</p>

Fonte: a pesquisa

A respeito dos fenômenos emissão e absorção, quando questionado em 2017 o estudante A2 se lembrava do quadro, mas, principalmente, ele se lembrava da simulação computacional

em que podia enxergar melhor as cores. Já em 2018 A2 descreveu a movimentação do elétron no átomo de Bohr e, quando questionado sobre a origem dessa imagem, ele utilizou novamente *drivers* hiperculturais, isto é, imaginou a simulação computacional (Quadro 26) em que o resíduo da aprendizagem significativa permanece após 11 meses.

Quadro 26 - Comparação entre as entrevistas de 2017 e 2018

Entrevista realizada em nov/2017	Entrevista realizada em out/2018
<p>E: Só um momento, deixa eu te interromper. Quando tu fala de, dessa movimentação, né, emitir e absorver, etc...tu lembra de só do quadro ou de alguma outra coisa?</p> <p>A2: Mais do também do, do, eu ia falar daquele da cores... (Aponta para o computador)</p> <p>E: O do computador?</p> <p>E: Não, não só quero que tu me fales agora, quando tu imaginou o elétron saltando, qual dos dois modelos? Foi o do computador?</p> <p>A2: Computador.</p>	<p>A2: To imaginando o elétron girando e voltando para a camada e mudando a cor.</p> <p>E: E isso na simulação computacional?</p> <p>A2: Sim, aparecia quando ela tava mais perto tinha uma cor mais forte, e quando ele tava mais longe tinha uma cor mais fraca. E ele emitia que quando perto ele tinha uma cor mais forte, a cor seria mais radiação, e cor mais fraca menos radiação.</p>

Fonte: a pesquisa

Os gestos apresentados na figura 50, realizados pelo estudante A2 na segunda entrevista, são semelhantes aos gestos realizados enquanto explicava o comportamento do salto de uma órbita para outra, mas com sentidos opostos.

Figura 50 – Gestos relacionados aos saltos de uma órbita para outra



Fonte: a pesquisa

O estudante A2 manteve *drivers* da mediação social com relação aos saltos. Na primeira entrevista ele afirmava que não estava lembrando o que ocorria quando o elétron saltava de uma órbita para outra; entretanto, ao utilizar *drivers* sociais, o que acontecia voltou-lhe à mente. Na segunda entrevista, em 2018, ele primeiramente explicou o que ocorre quando o elétron salta e, quando questionado sobre a origem dessa imagem, afirma que lembrava a explicação do professor (Quadro 27).

Quadro 27 - Comparação entre as entrevistas de 2017 e 2018

Entrevista realizada em nov/2017	Entrevista realizada em out/2018
<p>A2: Do quadro o que mais tinha me ajudado que eu tinha dado uma esquecida foi que a cada salto, a cada, a cada salto que ele fazia eu não me lembrava o que que acontecia, que depois eu dei uma parada de, depois do quadro me lembrou que foi um dos últimos, que foi o que me lembrou.</p> <p>E: O que acontecia, foi o professor explicando no quadro?</p> <p>A2: Foi o professor explicando.</p>	<p>A2: Quando ele salta de uma maior perde elétron. E quando ele salta de uma menor para uma maior ele ganha elétron.</p> <p>E: E quando tu está me falando isso de ganhar ou perder elétron, tu está imaginando o que?</p> <p>A2: Explicação do professor.</p> <p>E: A explicação do professor?</p> <p>A2: No quadro.</p>

Fonte: a pesquisa

O estudante A3 na primeira entrevista aludiu a *drivers* culturais sobre a imagem que ele tinha de átomo. Na segunda entrevista ele conservava essa imagem; tanto que, quando o entrevistador questionou sobre a imagem, ele citou a série (mediação cultural) e indagou ao entrevistador se este se lembrava disso (Quadro 28).

Quadro 28 - Comparação entre as entrevistas de 2017 e 2018

Entrevista realizada em nov/2017	Entrevista realizada em out/2018
<p>E: Tu viu isso em algum lugar né? Se lembra onde tu viu?</p> <p>A3: Na série do <i>The Big Bang Theory</i></p>	<p>A3: Porquê da simulação eu lembro de uma série que eu via, lembra? Sempre que o átomo aparecia, eles usavam como um ‘item’ em transição.</p> <p>E: Um item em transição. Certo.</p>

Fonte: a pesquisa

O estudante A3, em sua primeira entrevista, não fez gestos relacionados com o conceito de fóton. Ele apenas disse que “*quando ele salta de uma órbita maior ele absorve um fóton*” e, logo em seguida, afirmou que imaginava esses saltos como a imagem do quadro (mediação social).

A3: *Quando ele salta de uma órbita maior ele absorve um fóton.*
P: *Certo.*
A3: *E quando ele vem de uma maior para uma menor ele emite.*
P: *Que modelo tu tá imaginando agora? É aquele do The Big Bang Theory?*
A3: *Aquele dali*
P: *É esse daqui do quadro.*

Na segunda entrevista A3 já realizava gestos com vínculo ao explicar sobre o fóton, mas substituiu os seus *drivers* da mediação social pelos *drivers* oriundos da mediação hipercultural.

A3: *É, os fótons. Eu imagino eles [02:03] no elétrons pulando de camada.*
E: *E como seria a imagem desse fóton?*
A3: *Luz.*
E: *Seria uma luz?*
A3: *Umas luzinhas.*
E: *Ah, várias cores. E que cores seriam?*
A3: *Laranja, amarela.*
E: *Laranja. Amarela. E que tamanho seriam?*
A3: *Pequeno.*
E: *Pequenas e de cores quente.*
A3: *Sim.*
E: *E essa imagem tu acha que vem da onde? Tu viu alguma coisa sobre a imagem do fóton no Pibid?*
A3: *Eu vi naquele negocinho lá sabe, do computador.*
E: *Do computador?*
A3: *É*

De acordo com Wolff (2015) essa mudança de *drivers* pode ser vista como uma característica de aprendizagem significativa.

Figura 51 – Gestos #FO do estudante A3



Fonte: a pesquisa

Tabela 18 - Código e descrição do gesto #FO

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
#FO dinâmico	FÓTON-Utilizando as duas mãos, o estudante realiza um gesto de abre e fecha das mãos no sentido de cima para baixo rapidamente

Fonte: a pesquisa

Portanto, 11 meses após o término do projeto, os estudantes ainda lembravam conceitos importantes sobre o átomo de Bohr. Alguns estudantes expressaram a substituição de *drivers*, a qual, conforme Wolff (2015), pode ser característica da aprendizagem significativa.

Ainda que situações novas não tenham sido apresentadas aos alunos, eles puderam externar os significados que tinham e explicar e justificar as suas respostas, que, de acordo com Moreira (2011), são uma maneira de buscar evidências de aprendizagem significativa.

O fator tempo também auxilia na busca de indícios de aprendizagem significativa. Segundo Moreira (2012, p. 40), “diferentemente da aprendizagem mecânica, no qual o esquecimento é rápido e praticamente total, na aprendizagem significativa o esquecimento é residual”. Isto é, o conhecimento que foi esquecido está “dentro” do subsunçor, manifesta-se como um “resíduo” neste.

Conforme Moreira (2011), mencionado anteriormente no Capítulo 3, diferentemente da aprendizagem mecânica, na qual o esquecimento é rápido e total, na aprendizagem significativa o esquecimento é residual. Mesmo após 11 meses os alunos tinham a sensação de que, se fosse preciso, poderiam reaprender esse conteúdo. Foi possível perceber que os alunos, ao começarem a explicar e justificar suas respostas, eram capazes de explicar o conteúdo a um colega (metodologia utilizada na pergunta), isto é, eram capazes de explicar o que era o átomo de Bohr e o que ocorria quando um elétron saltava de uma órbita para outra. Logo, os resultados da presente pesquisa demonstram o que Ausubel chama de assimilação obliteradora.

Ainda, segundo Moreira (2011), uma característica da aprendizagem significativa é a interação entre os conhecimentos prévios e os conhecimentos novos. O aluno A3 afirma que em um primeiro instante ele sempre lembrava da imagem do átomo relacionada com uma série de televisão, mais especificamente, com o logo da série que trazia o átomo. Após sua participação no subprojeto Pibid, o estudante no decorrer da entrevista, não utiliza mais a imagem que ele imaginava da série, mas sim, começa utilizando *drivers* oriundo da mediação hipercultural e mediação psicofísica. Logo, na entrevista em 2018 imagina o átomo de Bohr da série na simulação computacional.

Assim, ainda que tenha se passado quase um ano da última entrevista com os alunos, estes ainda se lembravam do conceito do átomo de Bohr mediante a utilização de *drivers* advindos das mediações da TMC.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa buscou investigar e analisar as imagens mentais e *drivers* que podem ser adquiridos e/ou modificados por estudantes do EF ao usarem ferramentas extracerebrais para a aprendizagem de conceitos pertinentes ao estudo do modelo do átomo de Bohr. A pergunta que norteou essa pesquisa foi: *Quais são as mediações importantes e como elas se combinam na aprendizagem significativa do modelo do átomo de Bohr no EF?*

Os alunos tiveram contato com as quatro mediações (social, cultural, psicofísica e hipercultural), as quais tiveram durações diferentes. A mediação social aconteceu durante todas as aulas monitoradas. A mediação psicofísica se deu no decorrer de quatro aulas; já as mediações, cultural e hipercultural aconteceram em uma aula cada. Os resultados obtidos após a coleta de dados indicam que a mediação hipercultural se destacou das outras mediações e que mediações se complementam no ensino do modelo do átomo de Bohr. Os resultados também indicaram que cada uma das mediações foi utilizada para explicar algum conceito específico do átomo de Bohr.

A imagem do átomo foi associada à mediação cultural, nas vezes de uma série de televisão ou algum livro; já a imagem do fóton emergiu apenas após o uso da mediação hipercultural; por fim, as camadas eletrônicas ganharam uma representação logo após os alunos terem utilizado a mediação psicofísica. A mediação hipercultural foi essencial para os alunos compreenderem a mecânica do modelo do átomo de Bohr: as entrevistas evidenciaram que a mediação hipercultural foi essencial para os estudantes complementarem o que imaginavam sobre o átomo de Bohr.

Conforme o diário de bordo dos Pibidianos e as observações realizadas pela professora-pesquisadora deste trabalho, houve uma maior participação dos estudantes após a realização da Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS, pois a frequência dos alunos não diminuiu após a aplicação da sequência didática.

Os alunos se sentiram mais à vontade logo após a primeira etapa da sequência didática proposta, pois ela lhes possibilitou a realização de atividades que os ajudaram a lembrar conteúdos anteriores, despertando a curiosidade sobre o assunto que seria ministrado em sala de aula e evidenciando a assimilação obliteradora, a qual Ausubel retrata. As atividades envolvendo experiências viabilizaram aos estudantes do EF uma maior proximidade da Física,

quando eles próprios realizaram as experiências e debatiam o processo, aprendendo, a cada aula, com base em experiências que realizavam com as próprias mãos.

Diante dos dados coletados nesses dois anos de pesquisa, o tempo de contato dos alunos com cada mediação não influenciou a compreensão do conteúdo abordado. Embora a atividade da simulação computacional (hipercultural) tenha tido a menor duração e sido realizada um pouco antes da entrevista, ela foi a mais frequentemente mencionada por todos os estudantes. O mesmo pode ser dito da atividade envolvendo o modelo de LED (psicofísica), a qual foi realizada, em média, em quatro aulas, não sendo citada com muita frequência. Cada aluno contribuiu com uma “combinação diferente” para explicar o modelo do átomo de Bohr; alguns alunos utilizaram duas mediações juntamente, outros utilizaram uma única mediação para determinado conceito.

Todas as mediações auxiliaram a explicar o modelo do átomo de Bohr, mas a mediação hipercultural foi evidenciada pela maioria dos alunos, mesmo aqueles sem acesso diário a computadores e internet. Esses alunos são oriundos de famílias de baixo poder aquisitivo, mas o formato das aulas propiciou um maior envolvimento deles no estudo das Ciências.

Considerado o processo desta pesquisa em sua totalidade, desde a sua concepção até a coleta de dados, acreditamos na relevância dos achados observados no ensino de Física no EF. Diante não apenas dos resultados obtidos da pesquisa como também do contato com a escola, elencamos alguns aspectos importantes no decorrer desse período envolvido com a escola. O subprojeto Pibid pode auxiliar na feira de ciências da escola, os Pibidianos puderam ter o seu primeiro contato com a área de pesquisa em ensino de Ciências, bem como de contribuir que os estudantes do EF tenham conhecido a Física de uma maneira diferentemente do que é comumente realizada.

Esta pesquisa também evidenciou três pontos importantes: o ensino de FMC no EF, a importância do uso das quatro mediações e, principalmente, a relevância da utilização da Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS. As quatro mediações auxiliaram a aprendizagem do tema proposto, mas a simulação computacional foi a mais completa e, de certa maneira, conseguiu preencher as lacunas de compreensão dos alunos com base apenas na explicação do professor.

Além disso, a Sequência didática sob a perspectiva da TMC baseada em UEPS foi exitosa, possibilitando aos estudantes lembrarem os assuntos abordados previamente e instigando-os a aprender ante seus questionamentos por meio das experiências propostas.

Com esta pesquisa foi possível investigar e analisar as imagens mentais dos estudantes. Após a coleta e a análise dos dados, verificamos que, ao explicarem o modelo do átomo de Bohr

os alunos realizavam gestos advindos das mediações utilizadas no decorrer das aulas. Portanto, os alunos adquiriram imagens mentais após usarem ferramentas extracerebrais nas atividades envolvendo o conceito do átomo de Bohr.

No tocante aos objetivos deste trabalho, todos foram alcançados. Ao investigar e analisar as imagens mentais e os *drivers* adquiridos pelos estudantes após o uso de ferramentas extracerebrais para a aprendizagem significativa de conceitos pertinentes ao modelo do átomo de Bohr, verifica-se também que o objetivo geral desta pesquisa foi alcançado.

Em relação ao primeiro objetivo específico desta pesquisa, os drivers utilizados pelos alunos foram identificados mediante as linguagens verbal e não verbal. O segundo objetivo específico foi alcançado, pois ocorreram modificações na estrutura cognitiva dos alunos após estes terem utilizado as quatro mediações, por meio das sequências didáticas.

Esta pesquisa também avaliou se as ferramentas extracerebrais dão suporte à aprendizagem significativa, no que se concretizou como terceiro objetivo específico. Por fim, o quarto objetivo foi alcançado quando observamos que a sequência didática elaborada e aplicada foi eficaz no ensino/aprendizagem de conceitos da Física e da Química no EF.

Com relação à aprendizagem significativa, as imagens mentais fazem parte dos *subsunçores*. Assim, quando há aprendizagem significativa de determinado conceito, possivelmente as imagens mentais existentes na estrutura cognitiva do estudante também serão modificadas. Esse resultado foi observado quando do surgimento de novas imagens mentais durante a aprendizagem significativa. Por exemplo, tal visão pôde ser melhor compreendida com base em novas imagens mentais que surgiram após o uso da simulação ou da maquete no estudo dos saltos de uma órbita para outra. É importante lembrar que, no estudo da definição do átomo de Bohr, as imagens mentais referentes a esse modelo já existiam na estrutura cognitiva de alguns estudantes. Nesse sentido, as mediações tiveram a função de modificar um conceito que já fazia parte do subsunçor.

À luz dos resultados obtidos, sugere-se que sejam realizadas mais pesquisas diante da realidade apresentada neste estudo e, em especial, sobre a importância que o ensino de Física no EF pode dar na formação dos alunos. Outros questionamentos também surgiram no decorrer dessa pesquisa, trazendo algumas indagações e considerações finais com relação a este trabalho. Qual é a melhor maneira de verificar a aprendizagem significativa perante a dificuldade de fazê-lo após a utilização de sequências didáticas? Será que o uso de simulações computacionais em outros contextos se sobressai, como visto nesta pesquisa?

Por essa razão, acreditamos que pesquisas futuras em busca dessas respostas podem contribuir para o ensino de Física no Ensino Fundamental, motivo este que nos impulsionou na condução do presente esforço de pesquisa, desde o seu início.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. M. M.; COSTA, R. D. A; LOPES, P. T. C. Sequências didáticas eletrônicas para auxiliar na aprendizagem significativa em conteúdos de Patologia Humana. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 2, p. 183-196, 2016.

ANJOS, A. J. S.; GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. As equações matemáticas no ensino de Física: Uma análise de conteúdos em livros didáticos de Física. **Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 14, n. 3, p. 312-325, 2015.

ANDRADE, J. S. **A abordagem de modelos atômicos para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental pelo uso de modelos e modelagem numa perspectiva histórica**. 2015. 158 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

ANJOS, A. J. S.; SAHELICES, M. C. C.; MOREIRA, M. A. A matemática nos processos de ensino e aprendizagem em Física: funções e equações no estudo da quantidade de movimento e sua conservação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 673-696, 2017.

ARANTES, A. R.; MIRANDA, M. S.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, v. 11, n. 1, p. 27-31, 2010.

ASFORA, S. C. **Fatores Condicionantes da Relação entre Indivíduos e a Iead: Hipercultura, Atitudes, Desempenho e Satisfação**. 2015. 210 f. Tese (Doutorado em Administração), Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Interamericana, 1980.

BASSO, A. C. **O átomo de bohr no nível médio: uma análise sob o referencial Lakatosiano**. 2004. 198 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica), Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

BRASIL. Ministério da Educação. **PNLD 2017: ciências – Ensino Fundamental anos finais/Ministério da Educação** – Secretária de Educação Básica – SEB – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2016. Disponível em:< <http://www.fnde.gov.br/pnld-2017/>>. Acesso: 22 maio 2018.

_____. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: < <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

_____. IBGE. **Acesso à internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal: 2016**, Rio de Janeiro, IBGE, 2016.

- BRUM, W. P.; SCHUHMACHER, E.; SILVA, S. C. R. A utilização de documentários enquanto organizadores prévios no ensino de geometria não Euclidiana em sala de aula. **Acta Scientiarum Education**, v. 38, n. 1, p. 43-49, 2016.
- BRUM, W. P.; SILVA, S. C. R. Contribuições de um jogo didático para o processo de ensino e aprendizagem de conceitos elementares no campo da geometria esférica e hiperbólica analisada sob a luz da teoria da aprendizagem significativa. **Revista VIDYA**, v. 34, n. 2, p. 24, 2014.
- CALHEIRO, L. B.; GARCIA, I. K. Proposta de inserção de tópicos de física de partículas integradas ao conceito de carga elétrica por meio de unidade de ensino potencialmente significativa. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 19, n. 1, p. 177-192, 2014.
- CARDOSO, S. O. O.; DICKMAN, A. G. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 2, p. 891-934, 2012.
- COELHO, A. L. M. B.; TEIXEIRA, C. B.; OLIVEIRA, F.; MEIRA, S. L. B. Uma UEPS para o ensino dos espelhos esféricos. **Experiências em Ensino de Ciências**. v.12, n. 8, p. 121-140, 2017.
- DARROZ, L. M.; SANTOS, F. M. T. Astronomia: uma proposta para promover a aprendizagem significativa de conceitos básicos de Astronomia na formação de professores em nível médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 104-130, 2013.
- ERICKSON, F. **Qualitative Methods in Research on Teaching**. In: WITTRUCK, Merlin C. Handbook of Research on Teaching. Ed. New York: MacMillan, p. 119-161, 1986.
- FERREIRA, M. B (Coord.) 2010-Mini Aurélio - O dicionário da língua portuguesa, Academia Brasileira de Letras e Editora Positivo.
- FERREIRA, P. F. M. **Modelagem e suas Contribuições para o Ensino de Ciências: Uma Análise no Estudo de Equilíbrio Químico**. 2006. 165 f. Dissertação (Mestrado em Educação), Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- FORJAN, M.; SLISKO, J. Simplifications and idealizations in high school physics in mechanics: a study of slovenian curriculum and textbooks. **European Journal of Physics Education**, v. 5, n. 3, p. 20-31, 2014.
- FRISON, M. D.; VIANNA, J.; CHAVES, J. M.; BERNARDI, F. N. Livro didático como instrumento de apoio para construção de propostas de ensino de ciências naturais. In: Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação de Ciências, Florianópolis, SC. **Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação de Ciências**, Florianópolis, SC, 2009.
- GEWEHR, D.; NEIDE, I. G.; DULLIUS, M. M. Mapas conceituais com CmapTools: uma metodologia ativa de ensino e aprendizagem para nativos digitais. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico (EDUCITEC)**, v. 4, n. 07, p. 152-165, 2018.

GRIEBELER, A. **Inserção de tópicos de física quântica no ensino médio através de uma unidade de ensino potencialmente significativa**. 2012. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

INEP. **Índice de Desenvolvimento da Educação Básica – IDEB. EMEF Joao Paulo I**. Disponível em <<http://idebescola.inep.gov.br/ideb/escola/dadosEscola/43038484>>. Acesso em: 24 ago. 2018.

JUSTI, R. **Modelos e modelagem no ensino de química: um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos**. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Orgs). *Ensino de Química em foco*. Ijuí. Ed. Unijuí, 2010.

KIEFER, N. I. S.; PILATTI, L. A. Roteiro para a elaboração de uma aula significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 7, n. 1, p. 1-23, 2014.

KIRAY, S. A. The pre-service science teachers' mental models for concept of atoms and learning difficulties. **International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology**, v. 4, n. 2, p. 147-162, 2016.

LINO, A.; FUSINATO, P. A. A influência do conhecimento prévio no ensino de Física Moderna e Contemporânea: um relato de mudança conceitual como processo de aprendizagem significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 4, n. 3, p. 73-100, 2011.

MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. O.; PIETROCOLA, M. Atuação de professores formados em licenciatura plena em Ciências. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 4, n. 1, p. 175-198, 2011.

MASSONI, N. T.; BARP, J.; DANTAS, C. R. S. O ensino de Física na disciplina de ciências no nível fundamental: reflexões e viabilidade de uma experiência de ensino por projetos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 235-261, 2018.

MELO, M. G.; CAMPOS, J. S.; ALMEIDA, W. S. Dificuldades enfrentadas por professores de Ciências para ensinar Física no Ensino Fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 4, p. 241-251, 2015.

MELZER, E. E. M.; AIRES, J. A. A história do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 11, n. 22, p. 62-77, 2015.

MENDES, E. S.; REHFELDT, M. J. H.; NEIDE, I. G. Exploração de simulações como forma de estimular o aprendizado de conceitos da Cinemática Escalar. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 2, p. 24-52, 2017.

MICHAELSEN, G. A.; FREITAS, S. S.; SERRANO, A. O uso de UEPS para o ensino do conceito de luz em estudantes do Ensino Fundamental. **Anais do XXIII Salão de Iniciação Científica e Tecnológica – EXPOULBRA**, Canoas, RS, setembro, 2017.

MONAGHAN, J. M.; CLEMENT, J. Use of a computer simulation to develop mental simulations for understanding relative motion concepts. **International Journal of Science Education**, v. 21, n. 9, p. 921-944, 1999.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A. **Aprendizaje significativo: fundamentación teórica y estrategias facilitadoras**. Porto Alegre: UFRGS, 2003.

MOREIRA, M. A. **O Que é afinal Aprendizagem Significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá/MT, 23 de abril de 2002. Aceito para publicação, *Curriculum, La Laguna, Espanha*, 2012.

MOREIRA, M. A. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS**. Aprendizagem Significativa em Revista. *Meaningful Learning Review*, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: E.P.U, 2015.

MOREIRA, M. A. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, 2016.

MORO, F. T.; NEIDE, I. G.; REHFELDT, M. J. H. Atividades experimentais e simulações computacionais: integração para a construção de conceitos de transferência de energia térmica no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 987-1008, 2016.

MUÑOZ, E. Evolución de los modelos atómicos hasta arribar al modelo de Bohr: Un análisis de su poder de predicción. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 26, n. 1, p. 53-62, 2014.

NASCIMENTO, J. O. **O ensino de Física por meio do uso de ferramentas tecnológicas: um estudo de caso com o PROEJA**. 2015. 231 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas), Centro Universitário UNIVATES, Programa de Pós-Graduação *stricto sensu*, Mestrado Profissional em Ciências Exatas, Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2015.

NETTI, S.; NUSANTARA, T.; SUBANJI, S.; ABADYO, A.; ANWAR, L. The Failure to Construct Proof Based on Assimilation and Accommodation Framework from Piaget. **International Education Studies**, v. 9, n. 12, p. 12, 2016.

NIAZ, M.; CARDELLINI, L. What Can the Bohr– Sommerfeld Model Show Students of Chemistry in the 21st Century? **Journal of Chemical Education**, v. 88, n. 2, p. 240-243, 2011.

NOGUEIRA, M. O. G.; LEAL, D. **Teorias da aprendizagem**. 2º ed. Curitiba: InterSaberes, 2015.

OBSERVASINOS. **Diagnóstico Socioterritorial do Município de Canoas/RS**. Disponível em: [http://www.ihu.unisinos.br/observasinos/images/outras/Municipios/Canoas/Diagnostico-socioterritorial-de-Canoas-errata-revistas-os-quadros\(1\).pdf](http://www.ihu.unisinos.br/observasinos/images/outras/Municipios/Canoas/Diagnostico-socioterritorial-de-Canoas-errata-revistas-os-quadros(1).pdf)>. Acesso em: 28 ago. 2018.

OLIVEIRA, J. S.; COSTA, S. Abordagem do conteúdo solo no ensino fundamental: uma proposta para a aprendizagem significativa. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 9, n. 1, p. 31-49, 2018.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. Um pôster para ensinar Física de Partículas na escola. **Física na escola**, v. 2, n. 1, p. 13-18, 2001.

PARENTE, F. A. G.; SANTOS, A. C. F. dos; TORT, A. C. O átomo de Bohr no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 1502-1-1502-4, 2014.

PARENTE, F. A. G.; SANTOS, A. C. F. dos; TORT, A. C. Os 100 anos do átomo de Bohr. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 4, p. 4301-1-4301-8, 2013.

PEREIRA, G. R.; PAULA, L.M.; SOARES, K.C.M.; PAULA, L.M.; COUTINHO-SILVA, R. Atividades experimentais e o ensino de Física para os anos iniciais do Ensino Fundamental: análise de um programa formativo para professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 579-605, 2016.

PARISOTO, M. F.; MOREIRA, M. A.; KILIAN, A. S. Efeito da aprendizagem baseada no Método de Projetos e na Unidade de Ensino Potencialmente Significativa na retenção do conhecimento: uma análise quantitativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 2, p. 268-292, 2016.

PICHITELI, M. A. A compreensão do conceito de paisagem dos alunos do 6º ano—Fundamental II um estudo na abordagem piagetiana. **Revista Contexto & Educação**, v. 32, n. 103, p. 120-145, 2017.

PRATES JÚNIOR, M. S. L.; SIMÕES NETO, J. E. Situações-problema como Estratégia Didática para o Ensino dos Modelos Atômicos. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 3, p. 181-201, 2015.

PREFEITURA DE CANOAS/RS. Sobre Canoas. [Texto digital]. 2018. Disponível em <<http://www.canoas.rs.gov.br/sobre-canoas/>>. Acesso em 24 ago. 2018.

RAMOS, A. F. **Estudo do Processo de Internalização de Conceitos de Química Utilizando Software de Modelagem Molecular**: Uma proposta para o ensino médio e superior. 2015. 230 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática), Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2015.

RAMOS, A. F.; SERRANO, A. Estudo da aprendizagem mediada por computador: as contribuições da modelagem molecular para o ensino de química. **RENOTE**, v. 12, n. 2, p. 1-10, 2014.

RAMOS, A. F.; SERRANO, A. The Use of Computational Molecular Modeling as an External Cognitive Processing Tool: preliminary results of a gestural analysis. In: European Science Education Research Association (ESERA), 2013, Nicosia. **Anais do ESERA 2013-Nicosia, Cyprus**. 2013a.

RAMOS, A.; SERRANO, A. Como são internalizadas as competências adquiridas quando um aluno utiliza computadores? Um exemplo de mediação cognitiva em rede durante a utilização de software de modelagem molecular. **Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC** Águas de Lindóia, SP, novembro, 2013b.

RIBEIRO, N. A.; MORAIS, H. A.; DAMIN, W.; LUCCAS, S. Mapas conceituais na compreensão da aprendizagem significativa do conteúdo de probabilidade. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 9, n. 2, p. 167-181, 2018.

ROCHA, J. J.; SERRANO, A. Um estudo de caso exploratório sobre a internalização de conceitos sobre eletrostática: a influência da hipercultura e mediação digital. **RENOTE**, v. 11, n. 3, p. 1-10, 2013.

ROCHA, S. A. F. F. **Representações sociais, valores morais, bússolas morais, hipercultura e segurança pública: um estudo com criminosos, policiais e cidadãos comuns na região metropolitana do Recife**. 2015. 155 f. Tese (Doutorado em Psicologia), Centro de Pós-Graduação em Psicologia Cognitiva, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

ROONEY, A. **The Story of Physics**. Rosen Publishing Group: New York, 2013.

ROQUE, N. F.; SILVA, J.L.P.B. A linguagem química e o ensino da química orgânica. **Química Nova**, v. 31, n. 4, p. 921-923, 2008.

ROSA, C. T. W.; CAVALCANTI, J.; PEREZ, C. A. S. Unidade de ensino potencialmente significativa para a abordagem do sistema respiratório humano: estudo de caso. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 3, p. 1-23, 2016.

RUTTEN, N.; VAN JOOLINGEN, W. R.; VAN DER VEEN, J. T. The learning effects of computer simulations in science education. **Computers & Education**, v. 58, n. 1, p. 136-153, 2012.

SANTIAGO, D. M. O atomismo de Leucipo e Demócrito: sua possibilidade de atuação como ferramenta interpretativa acerca do núcleo essencial de direitos fundamentais. **Revista de Direitos e Garantias Fundamentais**, n. 9, p. 143-164, 2011.

SANTOS, I. A. B. dos. **Condicionantes do uso efetivo de big data e business analytics em organizações privadas: atitudes, aptidão e resultados**. 2016. 168 f. Dissertação (Mestrado em Administração), Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

SCHITTLER, D. **Laser de rubi: uma abordagem em Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)**. 2015. 181 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física), Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

SCHITTLER, D.; MOREIRA, M. A. Física Moderna e Contemporânea no primeiro ano do ensino médio: laser de rubi um exemplo de unidade de ensino potencialmente significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 3, p. 1-24, 2016.

SERRANO, A.; WOLFF, J. F. S. A influência das simulações no aprendizado de colisões mecânicas em Física. **Acta Scientiae**, v. 16, n. 4, p. 25-46, 2014.

SILVA, G. S.; BRAIBANTE, M. E. F.; BRAIBANTE, H. T. S.; PAZINATO, M. S.; TREVISAN, M. C. Oficina temática: uma proposta metodológica para o ensino do modelo atômico de Bohr. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 2, p.481-495, 2014.

SILVA, G. G. **A abordagem do modelo atômico de Bohr através de atividades experimentais e de modelagem**. 2013. 217 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

SILVA, J. A.; SOUZA, C. M. S. G. O modelo ondulatório como estratégia de promoção da evolução conceitual em tópicos sobre a luz em nível Médio. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 1, p. 23-41, 2014.

SOUZA, B. C. **A Teoria da Mediação Cognitiva: os impactos cognitivos da Hiper cultura e da mediação digital**. 2004. 282 f. Tese (Doutorado em Psicologia), Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

SOUZA, B. C.; SILVA, A. S.; SILVA, A. M. S.; ROAZZI, A.; CARRILHO, S. L. S. Putting the Cognitive Mediation Networks Theory to the test: Evaluation of a framework for understanding the digital age. **Computers in Human Behavior**, v. 28, n. 6, p. 2320-2330, 2012.

SOUZA, B. C.; SILVA, L. X. L.; ROAZZI, A. MMORPGS and cognitive performance: A study with 1280 Brazilian high school students. **Computers in Human Behavior**, v. 26, n. 6, p. 1564-1573, 2010.

SOUZA, E. J.; MELLO, L.A. O uso de jogos e simulação computacional como instrumento de aprendizagem: campeonato de aviões de papel e o ensino de Hidrodinâmica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 530-554, 2017.

SOUZA, M. G. T. C.; SOUZA, B. C.; ROAZZI, A.; SILVA, E. S. Era digital e a propensão ao homicídio: a hiper cultura enquanto oposição à cultura da honra. **Amazônica**, v. 13, n. 1, p. 209-227, 2014.

STEPHENS, A. L.; CLEMENT, J. J. Use of physics simulations in whole class and small group settings: Comparative case studies. **Computers & Education**, v. 86, n. 86, p. 137-156, 2015.

TAO, P.; GUNSTONE, R. 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.

TENFEN, D. N.; TENFEN, W. O modelo atômico de Bohr e as suas limitações na interpretação do espectro do átomo de hélio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 216-235, 2017.

TREVISAN, R. **Um estudo da relação entre as imagens mentais utilizadas por estudantes de mecânica quântica e seu perfil epistemológico: uma investigação pela metodologia Report Aloud.** 2016. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2016.

TREVISAN, R.; SERRANO, A. Um estudo da relação entre as imagens mentais utilizadas por estudantes de mecânica quântica e seu perfil epistemológico: uma investigação pela metodologia *report aloud*. **Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias**, v. 11, n. 2, p. 212-227, 2016.

VAN SOMEREN, M. W.; BARNARD, Y. F.; SANDBERG, J. A.C. **The Think Aloud Method: a practical guide to modeling cognitive processes.** Academic Press; London, 1994.

WALSHAW, M. Understanding mathematical development through Vygotsky. **Research in Mathematics Education**, v. 19, n. 3, p. 293-309, 2017.

WOLFF, J. F. S. **As modificações de *drivers* prévios através da utilização de simulações computacionais:** aprendizagem significativa dos conceitos de colisões verificadas através da análise das imagens mentais de estudantes universitários. 2015. 260 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática), Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2015.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Roteiro do teste



NOME:

DATA: __/__/__

Para responder as questões abaixo, utilize desenhos ou texto; o que você considerar necessário.

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:
 - c) **Salta de uma órbita maior para uma órbita menor;**
 - d) **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 a existe **diferença na radiação emitida** por estes dois diferentes elétrons devido ao tamanho diferente dos seus saltos. Para tanto, você poderá utilizar desenhos e texto para responder.

APÊNDICE B - Roteiro da simulação computacional



NOME:

CÓDIGO:

TURMA:

DATA: __/__/__

Observação: O nome será substituído pelo código privado.

1 - Introdução

Cada substância no universo, rochas, mar, ser humano, os planetas e até mesmo as mais distantes estrelas são inteiramente feitos 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.

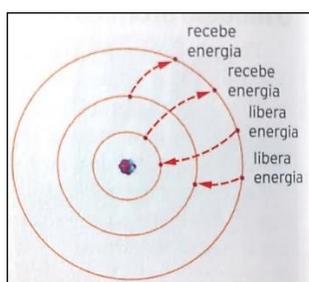
1.1 – Modelo Atômico de Bohr

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.



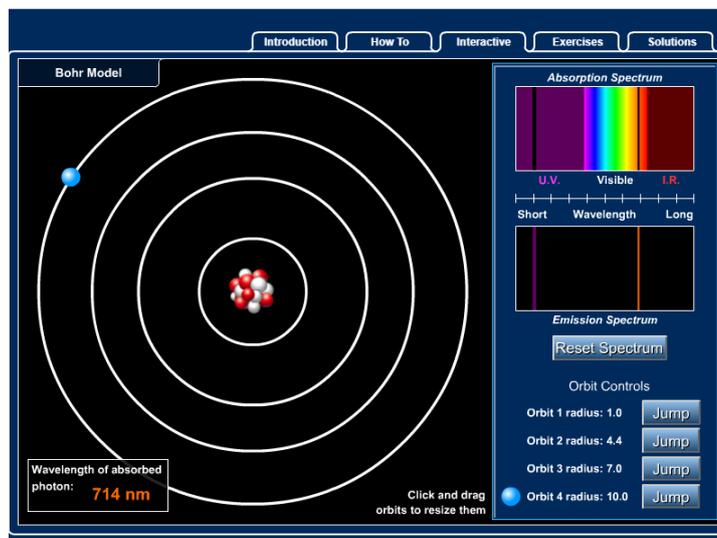
Ao receber certa quantidade de energia o elétron passa para um nível mais externo.

Ao liberar a energia absorvida ele volta

2 - Atividade

Nesta atividade iremos utilizar um simulador do átomo de Bohr que se encontra no seguinte link:

https://higher.ed.mheducation.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::800::600::/sites/dl/free/0072482621/59229/Bohr_Nav.swf::The%20Bohr%20Atom. 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 registrando. Finalmente, compara o que você esperava que fosse acontecer com o que foi simulado, tentando explicar diferenças entre o observado e o previsto, caso exista 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://highered.mheducation.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::800::600::/sites/dl/free/0072482621/59229/Bohr_Nav.swf::The%20Bohr%20Atom.
- 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;

Quando o elétron pulou de uma órbita para uma órbita maior, o que aconteceu?

Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:

2.1.3 COMPARAÇÃO: 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://highered.mheducation.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::800::600::/sites/dl/free/0072482621/59229/Bohr_Nav.swf::The%20Bohr%20Atom.
- Dessa vez, queremos saber o que acontece quando um elétron passa de uma camada maior para de uma menor, assim, 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 COMPARAÇÃO: 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:

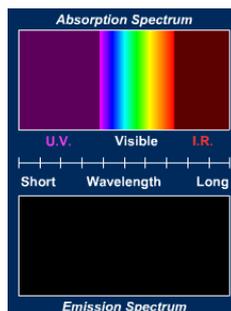
2.3 TERCEIRA ATIVIDADE

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://highered.mheducation.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::800::600::/sites/default/files/0072482621/59229/Bohr_Nav.swf::The%20Bohr%20Atom, 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 em:



- 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 COMPARAÇÃO: Compare a sua resposta da parte 3.1.1 com o que foi observado ao realizar a simulação, parte 3.1.2, e diga se houve alguma diferença. Se houve, qual foi a diferença?

Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:

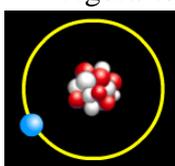
2.4 QUARTA ATIVIDADE

2.4.1 PREVISÃO: Sabemos que quanto mais longe o elétron estiver do núcleo mais energia ele terá, e quanto mais perto menos energia o mesmo terá. Analisando o espectro eletromagnético e o modelo atômico de Bohr quais cores esperamos visualizar nas proximidades do núcleo e quais cores esperamos visualizar nas órbitas mais afastadas do núcleo.

Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:

2.1.2 OBSERVAÇÃO:

- Abra a simulação do átomo de Bohr através do link: https://highered.mheducation.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::800::600::/sites/dl/free/0072482621/59229/Bohr_Nav.swf::The%20Bohr%20Atom.



Agora teremos que ajustar o modelo atômico do simulador para que ele trabalhe da maneira como desejamos. Para isto será necessário alterar o raio das órbitas mexendo nelas com o mouse. Para isso é necessário clicar e arrastar as órbitas com o mouse. Ao clicar a mesma ficará amarela enquanto você estiver segurando o botão do mouse, conforme imagem ao lado.

- Agora arrastando as órbitas ajuste as mesmas para que fiquem com os seguintes raios de órbita da imagem ao lado.

Da primeira para a segunda órbita

- Por meio das opções do **Orbit Controls**, selecione a segunda órbita e dê click em **Jump**;
- Registre o que você observou;
- Agora faça o movimento contrário, por meio das opções do **Orbit Controls**, selecione a primeira órbita e dê click em **Jump**;
- Registre o que você observou;

Da primeira para a terceira órbita

- Por meio das opções do **Orbit Controls**, selecione a terceira órbita e dê click em **Jump**;

Orbit 1 radius: 2.8	Jump
Orbit 2 radius: 4.3	Jump
Orbit 3 radius: 5.2	Jump
Orbit 4 radius: 7.2	Jump

- Registre o que você observou;
- Agora faça o movimento contrário, por meio das opções do **Orbit Controls**, selecione a primeira órbita e dê click em **Jump**;
- Registre o que você observou;

Da primeira para a quarta órbita

- Por meio das opções do **Orbit Controls**, selecione a quarta órbita e dê click em **Jump**;
- Registre o que você observou;
- Agora faça o movimento contrário, por meio das opções do **Orbit Controls**, selecione a primeira órbita e dê click em **Jump**;
- Registre o que você observou;

Quais foram os resultados obtidos?

Desenhe e escreva a sua resposta abaixo:

2.1.3 COMPARAÇÃO: 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:

APÊNDICE C - Termo de assentimento livre e esclarecido



TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (PARA MENORES DE 12 a 18 ANOS - Resolução 466/12)

Convidamos você, após autorização dos seus pais [ou dos responsáveis legais] para participar como voluntário (a) da pesquisa: Utilização de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) para o ensino de interação de luz e matéria no Ensino Fundamental. Esta pesquisa é da responsabilidade da pesquisadora Savana dos Anjos Freitas (Av. Farrapos 8001, prédio 14 - sala 338, savanafreitas_@hotmail.com) e está sob a orientação do Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto, e-mail asandraden@gmail.com.

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 estudar a Interação Luz-Matéria, trabalhando o conceito de luz com os alunos do Ensino Fundamental. Os alunos serão atendidos pela pesquisadora juntamente com os Pibidianos do curso de Física na ULBRA. Ela ocorrerá no segundo semestre de 2017 e no primeiro semestre de 2018, na qual serão realizados encontros semanais com os voluntários. Os dados adquiridos através desta investigação serão utilizados na dissertação de Mestrado da pesquisadora que tem como objetivo investigar se o uso de experimentos de baixo custo auxilia para uma aprendizagem significativa sobre conceitos físicos. O desenvolvimento desta pesquisa (aplicações dos instrumentos de pesquisa) é de responsabilidade da pesquisadora, ficando a disposição para possíveis esclarecimentos. Ressalto o compromisso que terei de resguardar a confidencialidade das informações prestadas, que serão usadas exclusivamente para análise dos resultados.

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 (gravações, entrevistas, fotos, filmagens, etc), ficarão armazenados em pastas de arquivo e computador pessoal, sob a responsabilidade da pesquisadora e do orientador, no endereço acima informado, pelo período de 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: (Avenida Farroupilha nº 8001 – prédio 14, sala 224 – Bairro: São José – Canoas/RS, CEP: 92425-900, Tel.: (51) 3477-9217 – e-mail: comitedeetica@ulbra.br.

Assinatura da pesquisadora: _____

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 “*Utilização de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) para o ensino de interação de luz e matéria no Ensino Fundamental*”, como voluntário (a). Fui informado (a) e esclarecido (a) pela pesquisadora sobre a pesquisa, o que vai ser feito, assim como os 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 precise pagar nada.

Local e data: _____ Assinatura do (da) menor: _____

Presenciamos a solicitação de assentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do/a voluntário/a em participar. 02 testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome: _____ Nome: _____

Assinatura: _____ Assinatura: _____

APÊNDICE D - Termo de autorização de uso de imagem, nome e voz



UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL

Reconhecida pela Portaria Ministerial nº 681 de 07/12/89 - D.O.U. de 11/12/89

ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

PRÓ-REITORIA ACADÊMICA

DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS

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: **Utilização de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) para o ensino de interação de luz e matéria no Ensino Fundamental**, para fins exclusivos de sua pesquisa de dissertação de mestrado, sendo que, visando respeitar as questões éticas e morais, os participantes desta pesquisa **não serão identificados** em nenhum momento, seus **nomes serão zelados**, bem como sua fisionomia no decorrer das análises, 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 E - Termo de consentimento livre e esclarecido

1. IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA													
Título do Projeto: Utilização de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) para o ensino de interação de lu matéria no Ensino Fundamental													
Área do Conhecimento: Ciências e Matemática					Número de participantes:60			Total: 60					
Curso: Mestrado 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 checked="" type="checkbox"/>	Nacional	<input type="checkbox"/>	Internacional	Cooperação Estrangeira	<input type="checkbox"/>	Sim	<input checked="" type="checkbox"/>	Não
Patrocinador da pesquisa: Pesquisadora													
Instituição onde será realizado: E.M.E.F João Paulo I													
Nome dos pesquisadores e colaboradores: Savana dos Anjos Freitas (pesquisadora)													

Seu filho (**e/ou menor sob sua guarda**) está sendo convidado (a) para participar do projeto de pesquisa aqui identificado. O documento abaixo contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos fazendo. Sua autorização para que ele participe neste estudo será de muita importância para nós, mas se retirar sua autorização, a qualquer momento, isso não lhes causará nenhum prejuízo.

2. IDENTIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA E/OU DO RESPONSÁVEL			
Nome do Menor:		Data de Nascimento:	Sexo:
Nacionalidade:		Estado Civil:	Profissão:
RG:	CPF/MF:	Telefone:	E-mail:
Endereço:			

3. IDENTIFICAÇÃO DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL		
Nome: Savana dos Anjos Freitas		Telefone: (51) 995514636
Profissão: Estudante	Registro no Conselho N°:	E-mail: savanafreitas_@hotmail.com
Endereço: Av. Farroupilha, 8001 – prédio 14, sala 338, bairro: São José – Canoas.		

Eu, responsável pelo menor acima identificado, após receber informações e esclarecimento sobre este projeto de pesquisa, autorizo, de livre e espontânea vontade, sua participação como voluntário (a) e estou ciente:

1. Da justificativa e dos objetivos para realização desta pesquisa.

Acreditamos que essa pesquisa proporcionará aos estudantes a possibilidade de compreenderem um pouco mais sobre a Ciência durante as aulas. Essas aulas serão semanais com os PIBidianos no turno inverso com duração de 4 horas por aula. Nas aulas, iremos ensinar conteúdos de Física através de experimentos relacionados às disciplinas de Física e Química. Com a participação dos alunos, pretendemos investigar se a metodologia do qual iremos utilizar com experimentos de baixo custo, auxilia na aprendizagem de conceitos da Física. Acreditamos que aos alunos que participarem desse projeto, eles poderão aprender conceitos científicos que são importantes em seu cotidiano e ainda, preparando-os para o Ensino Médio.

2. Do objetivo da participação de meu filho.

A participação de seu filho (e/ou menor sob sua guarda) é de extrema importância para nossa pesquisa, pois buscamos investigar se a utilização de experimentos auxilia na aprendizagem dos estudantes.

3. Do procedimento para coleta de dados.

Iremos aplicar nos alunos questionários e realizaremos após essa aplicação, entrevistas com os alunos durante as aulas PIBID.

4. Da utilização, armazenamento e descarte das amostras.

Os dados coletados através desta investigação serão armazenados pela pesquisadora em seu computador pessoal.

5. Dos desconfortos e dos riscos.

Acreditamos que todas as pesquisas podem causar riscos, mas nessa pesquisa, os alunos serão convidados a participar livremente único risco que acreditamos que é possível ter é que os estudantes fiquem desconfortáveis em alguns momentos da entrevista, ficando livres de não participarem a qualquer momento.

6. Dos benefícios.

Participando desta pesquisa os alunos terão a possibilidade de aprender mais sobre os fenômenos naturais que estão em nosso cotidiano. Para a sociedade e ciência será benéfico investigar se os experimentos de baixo custo, do qual iremos utilizar em nossa pesquisa, auxiliam no ensino da disciplina de Física.

7. Dos métodos alternativos existentes.

Não iremos utilizar métodos alternativos.

8. Da isenção e ressarcimento de despesas.

O participante ficará isento de qualquer despesa e não receberá pagamento pela atividade.

9. Da forma de acompanhamento e assistência.

O desenvolvimento da pesquisa com os alunos é de responsabilidade da pesquisadora, ficando a disposição para possíveis esclarecimentos.

10. Da liberdade de recusar, desistir ou retirar meu consentimento.

Seu filho (e/ou menor sob sua guarda) tem a liberdade de recusar, desistir ou de interromper a colaboração nesta pesquisa a qualquer momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação. A desistência não causará prejuízo algum e não irá interferir na pesquisa sobre a Utilização de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) para o ensino de interação de luz e matéria no Ensino Fundamental

11. 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.

12. 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 a **pesquisadora responsável Savana dos Anjos Freitas**. Em caso de dúvidas não esclarecidas de forma adequada pela pesquisadora de discordância com os procedimentos, ou 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, 8001 – Prédio 14 – Sala 224, Bairro São José, CEP 92425-900 - telefone (51) 3477-92 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 _____.

Participante da Pesquisa

Responsável pelo Participante da Pesquisa

Pesquisador Responsável pelo Projeto

APÊNDICE F - Termo de compromisso para utilização de dados



UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL

Reconhecida pelo Decreto Ministerial nº 487 de 07/12/69 - D.O.U. de 11/12/69
 ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL
 PRO-REITORIA ACADÊMICA
 DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
 COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS

TERMO DE COMPROMISSO PARA UTILIZAÇÃO DE DADOS

Título do Projeto: UTILIZAÇÃO DE UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS (UEPS) PARA O ENSINO DE INTERAÇÃO DE LUZ E MATÉRIA NO ENSINO FUNDAMENTAL

Os autores do projeto de pesquisa se comprometem a manter o sigilo dos dados coletados referentes aos participantes atendidos na **Escola Municipal de Ensino Fundamental João Paulo I.**

Concordam, igualmente, que estas informações serão utilizadas única e exclusivamente com finalidade científica, preservando-se integralmente o anonimato dos participantes.

LOCAL, _____ de _____ de _____

Autores do Projeto	
Nome	Assinatura
Savana dos Anjos Freitas	<i>Savana Freitas</i>

ANEXOS

ANEXO A – Plano de Estudos de Ciências da E.M.E.F João Paulo I

Conceitos Estruturantes	Bloco de conteúdos	Objetivos				Estratégias e Possibilidades	
		Especificidades do Conceito	I	R	T		C
INTRODUÇÃO À QUÍMICA E FÍSICA	Estrutura da Matéria	- Compreender o conceito de átomo, matéria e energia.	X		X		Aulas expositivas Trabalho prático em laboratório
		- Conhecer os diferentes modelos atômicos. - Conhecer a estrutura do modelo atômico atual. - Compreender a estrutura da Tabela Periódica e suas funcionalidades. - Conhecer o conceito de cátions e ânions e valência.	X		X		
	Estrutura Atômica	- Compreender os tipos de ligações químicas: iônica, covalente e metálica.					
	Reações Químicas	- Compreender a natureza e a dinâmica das reações químicas. - Identificar a presença e a ocorrência de reações químicas em seu cotidiano.	X		X		
	Funções Químicas	- Conhecer os quatro tipos básicos de reações: simples-troca, dupla-troca, síntese e decomposição					
	Misturas	- Conhecer as quatro funções químicas, suas principais características e aplicações: ácidos, bases, sais e óxidos.	X		X		
	Mecânica	- Conhecer os diferentes tipos de misturas - Compreender os métodos de separação de misturas e suas aplicações à vida cotidiana.					
	Termodinâmica	- Compreender os tipos de movimentos e suas componentes: velocidade média, deslocamento e aceleração.	X		X		
	Óptica	- Compreender os conceitos básicos de gravitação. - Conhecer as Leis de Newton.					
	Eletricidade e Magnetismo	- Compreender os conceitos de Força e Trabalho. - Compreender o conceito de conservação de energia.	X		X		
Ondulatória	- Compreender o conceito de calor, temperatura, calor específico, conservação e troca de calor.	X		X			