

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

**UTILIZAÇÃO DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS
PARA O ENSINO REMOTO DE CONCEITOS DE LUZ E COR
EM FÍSICA**

JULIANA RODRIGUES DOS ANJOS



Canoas, 2022

UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL

DIRETORIA ACADÊMICA

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



JULIANA RODRIGUES DOS ANJOS

**UTILIZAÇÃO DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS PARA O ENSINO REMOTO DE
CONCEITOS DE LUZ E COR EM FÍSICA**

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, 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP

A599u Anjos, Juliana Rodrigues dos.

Utilização de atividades investigativas para o ensino remoto de conceitos de luz e cor em Física / Juliana Rodrigues dos Anjos. – 2022.

163 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Luterana do Brasil, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Canoas, 2022.

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

JULIANA RODRIGUES DOS ANJOS

**UTILIZAÇÃO DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS PARA O ENSINO REMOTO DE
CONCEITOS DE LUZ E COR EM FÍSICA**

Linha de Pesquisa: Tecnologias de Informação e Comunicação para o Ensino de Ciências e Matemática (TIC).

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: 23/05/2022

BANCA EXAMINADORA.

Prof. Dr. Nestor Cortez Saavedra Filho
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

Prof^a. Dra. Letícia Azambuja Lopes
Universidade Luterana do Brasil – ULBRA

Prof^a. Dra. Marlise Geller
Universidade Luterana do Brasil – ULBRA

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

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família e amigos, pela compreensão, incentivo, apoio e carinho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto, pela competência, confiança e dedicação com que me conduziu ao longo desta trajetória de pesquisa.

Ao professor Dr. Nestor Cortez Saavedra Filho e as professoras Dr^a. Leticia Azambuja Lopes e Dr^a. Marlise Geller, por participarem da banca examinadora e por todas as contribuições proporcionadas que, certamente, engrandeceram o meu trabalho.

Aos estudantes voluntários participantes desta investigação, por todo comprometimento demonstrado na realização das atividades.

Agradeço aos colegas do Programa de Pós - Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM) pelos momentos compartilhados. Em especial a Maira, ao Gian, a Thaygra e a Bárbara, por todas as conversas, suporte e cuidado nos momentos de dificuldade.

Aos colegas do grupo de pesquisa, por todas contribuições e auxílios. Principalmente, agradeço ao colega Cleitor pela ajuda com a divulgação desta pesquisa em suas turmas.

Aos professores e funcionários do PPGECIM, que contribuíram com a minha formação.

Aos professores do ensino médio e graduação, por toda inspiração e incentivo em seguir me aperfeiçoando na área de pesquisa em ensino.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio no subsídio desta pesquisa.

RESUMO

A presente pesquisa de mestrado busca investigar quais Mediações (Psicofísica, Social, Cultural e/ou Hiper-cultural) facilitam o desenvolvimento de imagens mentais pelos estudantes ao responder perguntas sobre conceitos pertinentes à espectroscopia, após a utilização de um aplicativo de celular que faz a análise de espectros de emissão e absorção e materiais de baixo custo. Para exibir as Mediações preferenciais dos participantes, ao explicar os fenômenos observados, propõe-se a construção exploratória de um “Perfil de Nível de Mediação Externa”. A pesquisa foi desenvolvida com estudantes do Ensino Médio da rede estadual de ensino e foi conduzida de forma remota. Os referenciais teóricos adotados para nortear a pesquisa é a Teoria da Mediação Cognitiva (TMC), em razão de sua perspectiva relacionada aos diferentes níveis de Mediações, e as contribuições do Perfil Epistemológico Bachelardiano e Perfil Conceitual de Mortimer como suporte para a proposta do Perfil de Nível de Mediação Externa, visto que diferentes Mediações podem estar presente na explicação de um único conceito. Com base em pesquisas anteriores, o material pode ser uma alternativa interdisciplinar para atividades experimentais referentes a espectroscopia, em um ambiente remoto, já que envolve toda a área de Ciências da Natureza, sem a necessidade de adquirir equipamentos de alto custo. Os resultados, obtidos após as análises realizadas sobre os pré-testes, pós-testes, guias e gestos descritivos, apontam que, no mínimo, duas Mediações são expostas por cada indivíduo ao resolver problemas relacionados com a espectroscopia. A construção do Perfil de Nível de Mediação Externa, traçado individualmente, para cada conceito, indicou os níveis de Mediação preferencialmente utilizados pelo estudante e as suas transições, identificando a Mediação Hiper-cultural como a mais mencionada entre os estudantes ao relatar suas ideias sobre temas da espectroscopia e natureza da luz.

Palavras-chave: Teoria da Mediação Cognitiva. *Report Aloud*. Atividades Experimentais. *BYOD*. Perfil Epistemológico.

ABSTRACT

The present master's research seeks to investigate which mediations (psychophysical, Social, Cultural and/or hyperCultural) facilitate the development of mental images by students when answering questions about concepts relevant to spectroscopy, after using a cell phone application that analyzes emission and absorption spectra and low-cost materials. To show the preferred mediations of the participants, when explaining the observed phenomena, it is proposed to build an "External Mediation Level Profile". The research was developed with high school students from the state education network and was conducted remotely. The theoretical references adopted to guide the research is the Cognitive Networks Mediation Theory (CNMT) due to its perspective related to different levels of mediations, and the contributions of the Bachelardian Epistemological Profile and Mortimer's Conceptual Profile as support for the proposal of the Profile of External Mediation Level, since different mediations may be present in the explanation of a single concept. Based on previous research, the material can be an interdisciplinary alternative for experimental activities related to spectroscopy, in a remote environment, since it involves the entire area of Natural Sciences, without the need to acquire expensive equipment. The results, obtained after the analyzes carried out on the pre-tests, post-tests, guides and descriptive gestures, indicate that at least two mediations are exposed by each individual when solving problems related to spectroscopy. The construction of the External Mediation Level Profile, traced individually, for each concept, indicated which levels of mediation are preferentially used by the student and their transitions, identifying the HyperCultural Mediation as the most reported among students when reporting the thought on topics of spectroscopy and nature of light.

Keywords: Cognitive Mediation Theory. Report Aloud. Experimental Activities. BYOD Epistemological Profile.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processamento cognitivo por Mediação externa.	49
Figura 2 - Ilustração sobre a Mediação Social	52
Figura 3 - Processamento externo via Mediação Cultural.....	53
Figura 4 - Perfil epistemológico da noção pessoal de massa	58
Figura 5 - Perfil epistemológico da noção pessoal de energia	59
Figura 6 - A imagem ilustra o discurso do estudante que mostra, com os dedos, um objeto a sua frente, o detector. Imagem Estática. #DT	66
Figura 7 - A imagem ilustra a decomposição da luz branca, ao passar pela grade de difração. Imagem Estática. #DE	67
Figura 8 - A sequência de imagens ilustra um movimento da esquerda para a direita, indicando os comprimentos de onda e onde se encontra cada cor (vermelho ou azul) no espectro eletromagnético. Imagem Dinâmica. #CO	67
Figura 9 - A imagem ilustra o um espectro eletromagnético com as cores azul e vermelho no espaço entre as mãos. Imagem Estática. #EX.	67
Figura 10 - A imagem ilustra o um espectro eletromagnético com as cores azul e vermelho nas pontas. Imagem Estática. #AV.	67
Figura 11 - A sequência de imagens ilustra a posição das cores azul e verde quando visualizadas separadamente. Imagem Dinâmica. #PO.....	68
Figura 12 - A imagem ilustra as ondas eletromagnéticas que vieram do Sol, atingindo os objetos. Imagem Estática. #SOL.....	69
Figura 13 - A imagem mostra a onda eletromagnética (mão aberta) que foram emitidos pelo objeto. Imagem estática. #RL.....	69
Figura 14 - A sequência de imagens ilustra o que ocorre com a absorção e emissão, respectivamente, dentro do átomo. Imagem Dinâmica. #AT.....	70
Figura 15 - Esquema das Tarefas propostas aos estudantes. As tarefas evidenciadas na cor verde foram utilizadas como instrumentos para a coleta de dados.	73
Figura 16 - Slide sobre Maxwell	77
Figura 17 - Slide sobre o Espectro Eletromagnético	78
Figura 18 - Slide sobre reflexão seletiva	78
Figura 19 - Slide sobre a ideia de energia emitida	79
Figura 20 - Sequência de dois <i>slides</i> sobre Bohr e suas considerações.....	80
Figura 21 - <i>Slides</i> sobre a Emissão e Absorção.....	80

Figura 22 - Imagem retirada dos <i>slides</i>	81
Figura 23 - Imagem retirada dos <i>slides</i> , apontando a visualização do Sol no horizonte.....	81
Figura 24 - Imagem retirada dos <i>slides</i>	82
Figura 25 - Simulação sobre visão e cores	84
Figura 26 - Materiais disponibilizados na Tarefa 6.....	87
Figura 27 - Foto dos materiais sugeridos (utilizados na construção do protótipo).	87
Figura 28 - Primeira atividade de ambos os guias.....	88
Figura 29 - Exemplo de montagem, utilizando uma lâmpada incandescente, para a etapa de emissão luminosa.....	89
Figura 30 - Exemplo de montagem do aparato experimental e visualização do fenômeno na tela do celular. Após esta imagem ainda houve ajustes.	89
Figura 31 - A imagem ilustra o discurso verbal do aluno que representa, com uma das mãos abertas em frente ao rosto um objeto parado, no caso, uma janela. Imagem estática. #JA.....	95
Figura 32 - A imagem mostra o aluno com uma mão aberta, parada, e a outra mais acima apenas com os dedos indicador e polegar se aproximando, demonstrando uma abertura. Imagem estática. #JF	95
Figura 33 - A sequência de imagens ilustra um movimento com uma das mãos, para o lado, enquanto a outra mão permanece parada, demonstrando os raios que passam por uma janela. Imagem dinâmica. #IL.....	95
Figura 34 - A sequência de imagens indica um movimento com o dedo indicador, movimentando-o para cima e para baixo, demonstrando uma oscilação. Imagem dinâmica. #ON	96
Figura 35 - A sequência de imagens indica um movimento com o dedo indicador, movimentando-o para o lado, chegando no meio do “caminho” e retornando, demonstrando a colisão de um fóton com o meio material. Imagem dinâmica. #CF.....	96
Figura 36 - A sequência de imagens indica um movimento com os dedos, sutilmente, movimentando-os para baixo e retornando a posição inicial, indicando uma mudança de direção (de ângulo). Imagem dinâmica. #DF	97
Figura 37 - A sequência de imagens indica um movimento com os dedos juntos, onde o aluno movimenta-os para o lado, demonstrando que muda a direção e o sentido dependendo do material. Imagem dinâmica. #DSF	97
Figura 38 - A imagem indica uma posição entre os dedos polegar e indicador, exemplificando uma esfera. Imagem estática. #FT	97

Figura 39 - A imagem ilustra o discurso verbal do aluno que representa, com as duas mãos um percurso em linha reta. Imagem estática. #PE.....	98
Figura 40 - A sequência de imagens indica um movimento com uma das mãos indo para baixo, como se mudasse de “camada” conforme o fenômeno acontece. Imagem dinâmica. #CA.....	98
Figura 41 - A sequência de imagens indica um movimento com o dedo indicador para cima e para baixo, ilustrando a incidência de ângulos diferentes. Imagem dinâmica. #AN.....	99
Figura 42 - A sequência de imagens indica vários pontos indicados com um dos dedos, demonstrando que os comprimentos de onda estarão localizados em posições diferentes. Imagem dinâmica. #PO.....	99
Figura 43 - A sequência de imagens indica um movimento com os dedos polegares e indicadores juntos, onde o aluno movimenta-os para o lado, demonstrando dois pontos de uma única onda. Imagem dinâmica. #CO.....	100
Figura 44 - A sequência de imagens ilustra um movimento com uma das mãos, enquanto a outra mão permanece parada, indicando a separação das cores. Imagem dinâmica. #SP.....	101
Figura 45 - A sequência de imagens ilustra um movimento com uma das mãos, a qual o estudante movimenta-a para o lado e em seguida abre os dedos, indicando um feixe de luz branca que possui todas as cores. Imagem dinâmica. #BR.....	102
Figura 46 - Imagem do simulador mencionado pelo estudante A9.....	104
Figura 47 - Perfil de Nível de Mediação Externa do A9 acerca do conceito de luz.....	105
Figura 48 - Perfil de Nível de Mediação do A9 acerca da ideia de emissão.....	106
Figura 49 - Perfil de Nível de Mediação Externa do A9 acerca da ideia de absorção.....	107
Figura 50 - Perfil de Nível de Mediação Externa de A9.....	108
Figura 51 - A imagem ilustra um gesto realizado pelo estudante que apoia uma das mãos na parede, deixando a outra aberta a uma certa distância, simbolizando a janela. Imagem estática. #JA.....	111
Figura 52 - A sequência de imagens ilustra um movimento que inicia com uma das mãos encostada na parede e a outra sendo movimentada para o lado, em direção à primeira. Imagem dinâmica. #RA.....	111
Figura 53 - A sequência de imagens ilustra o movimento com uma das mãos se mexendo para baixo e para cima, rapidamente, representando uma oscilação. Imagem dinâmica. #OS.....	111
Figura 54 - A imagem ilustra um gesto realizado pelo estudante que deixa as palmas das mãos viradas uma para a outra, pouco afastadas e flexiona levemente os dedos, indicando algo no meio. Imagem estática. #ES.....	112

Figura 55 - A sequência de imagens ilustra um movimento com o dedo mindinho indo de um ponto (mão parada) até um momento em que diz ser o final do espectro visível, indicando a posição das cores. Imagem dinâmica. #ES.....	112
Figura 56 - A sequência de imagens ilustra um movimento com um dos braços se movimentando para cima e para baixo, com a palma da mão virada para o chão, indicando uma onda. Imagem dinâmica. #ON.....	112
Figura 57 - (A) Imagem retirada de um dos slides utilizados na pesquisa e que também estava presente nos guias. (B) Imagem do aplicativo utilizado (durante a análise de uma luz branca). (C) Imagem proveniente da segunda simulação realizada no computador	113
Figura 58 - A imagem ilustra um gesto realizado pelo estudante em que uma das mãos representa o início do tubo (onde entra a luz) e a outra, com os dedos próximos ao polegar, indica o cd. Imagem estática. #TB.	114
Figura 59 - A sequência de imagens ilustra a representação do aluno sobre a mudança de meio (caneta posicionada na horizontal), movimentando um lápis para baixo e, em seguida, para cima da caneta, mostrando diferentes meios (água e ar). Imagem dinâmica. #ES	115
Figura 60 - A sequência de imagens ilustra a representação do aluno sobre a luz (lápis) que se aproxima de uma mudança de meio, no caso, fica próxima a superfície da água. Imagem dinâmica. #LZ.....	115
Figura 61 - A sequência de imagens ilustra a representação do aluno sobre a luz que se aproxima de uma mudança de meio. Com os dedos indicador e médio simula um feixe de luz que vai entrar em contato com a água. Imagem dinâmica. #LG.....	115
Figura 62 - A imagem ilustra um gesto realizado pelo estudante que representa a mudança de velocidade de um feixe de luz ao entrar em contato com a água. O dedo médio “encosta” primeiro na superfície, tendo sua velocidade diminuída. Imagem estática. #LA.....	115
Figura 63 - A sequência de imagens ilustra o momento em que a luz “entra” na água. Com os dedos anelar, médio e indicador, o aluno ultrapassa a caneta posicionada na horizontal, com uma certa inclinação, demonstrando como ocorre a mudança de meio. Imagem dinâmica. #LL	116
Figura 64 - A sequência de imagens ilustra a representação do aluno sobre a luz que se aproxima de uma mudança de meio. Com o dedo indicador, se movimentando em direção a caneta, representa a mudança de velocidade da luz. #L	116
Figura 65 - A sequência de imagens um movimento com uma das mãos, com a palma virada para cima, subindo, em direção a caneta e, ao passar, se inclinado para o lado ainda mais, indicando a mudança de meio. Imagem dinâmica. #LO	116

Figura 66 - A sequência de imagens ilustra um movimento que inicia com uma das mãos parada, formando um semicírculo com os dedos, enquanto a outra se movimenta “para fora”, para cima, indicando a posição do elétron durante uma absorção. Imagem dinâmica. #AB.....	118
Figura 67 - A sequência de imagens ilustra um movimento que inicia com uma das mãos parada, formando um semicírculo com os dedos, enquanto a outra se movimenta “para dentro”, para baixo indicando a posição do elétron durante a emissão. Imagem dinâmica. #EM.....	118
Figura 68 - A sequência de imagens ilustra um movimento que inicia com uma das mãos parada, fechada, representando o átomo, enquanto a outra se movimenta, indicando o momento em que a onda eletromagnética atinge um átomo. Imagem dinâmica. #OE.....	119
Figura 69 - A imagem ilustra um gesto realizado pelo estudante que deixa uma das mãos fechada e outra com os dedos tocando o polegar mais acima, mostrando o momento em que o elétron está energizado. Imagem estática. #EE.....	119
Figura 70 - A imagem ilustra um gesto realizado pelo estudante que deixa uma das mãos fechada e outra com os dedos tocando o polegar bastante próxima, mostrando o momento em que o elétron perdeu energia. Imagem estática. #EV.....	119
Figura 71 - Perfil de Nível de Mediação Externa do A11 acerca do conceito de luz.....	121
Figura 72 - Perfil de Nível de Mediação Externa do A11 acerca da ideia de emissão.....	122
Figura 73 - Perfil de Nível de Mediação Externa do A11 acerca da ideia de absorção.	123
Figura 74 - Perfil de Nível de Mediação Externa de A11	123
Figura 75 - Perfil de Nível de Mediação Externa do Grupo H.....	124
Figura 76 - Esboço dos perfis de cada estudante do Grupo Psicofísico.....	127
Figura 77 - Esboço dos perfis de cada estudante do Grupo Hiper-cultural.	128

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Trabalhos selecionados após a revisão de literatura, sendo os quatro últimos advindos da segunda revisão realizada (BYOD).....	32
Quadro 2 - Evolução das quatro Mediações da TMC.	54
Quadro 3 - (a) Representação das hierarquias presentes nas construções dos perfis. (b) Exemplo do Perfil de Nível de Mediação Externa do participante A2.	61
Quadro 4 - (A) Tela do celular. As áreas marcadas em azul são proporcionais a intensidade da energia liberada por comprimento de onda da fonte utilizada; (B) Imagem retirada dos guias	65
Quadro 5 - Roteiros com dicas sobre a utilização da Simulação 1.....	84
Quadro 6 - Demonstração da simulação 2 e dos roteiros	86
Quadro 7 – (A) Foto dos corantes. (B) Imagem retirada dos slides apresentados. (C) Imagem proveniente da Simulação de cores. Imagens relatadas por A9	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sistema de categorização.....	108
Tabela 2 - Comportamento da luz adotado pelos participantes do Grupo H.....	125

LISTA DE SIGLAS

- BNCC** – Base Nacional Comum Curricular
- BYOD** – Bring Your Own Device
- EM** – Ensino Médio
- EF** – Ensino Fundamental
- ES** – Ensino Superior
- FMC** – Física Moderna e Contemporânea
- LED** - Diodo Emissor de Luz
- POE** – *Predict-Observe-Explain*
- TIC** – Tecnologias da informação e comunicação
- TMC** – Teoria da Mediação Cognitiva

LISTA DE PUBLICAÇÕES

Esse trabalho de pesquisa de mestrado rendeu algumas publicações que seguem:

1. Artigos Completos publicados em Periódico

ANJOS, J. R.; ANDRADE NETO, A. S. Espectrofotômetro de baixo custo: Uma proposta para o ensino de ciências. REVISTA VALORE. v.6, p.1042 - 1056, 2021.

ANJOS, J. R.; ANDRADE NETO, A. S. Uma estratégia para o Ensino de Cinemática em Nível Fundamental: Atividades Lúdicas e Linguagem de Programação. ACTIO: DOCÊNCIA EM CIÊNCIAS, 2021.

ANJOS, J. R.; FREITAS, S. A.; ANDRADE NETO, A. S. Utilização do software Scratch para a aprendizagem de lançamentos de projéteis e conceito de gravidade no ensino fundamental. ACTIO: Docência em Ciências. v.1, p.127 - 143, 2016.

2. Trabalhos publicados em anais de eventos (completo)

BERNARDES, T. S.; ANJOS, J. R.; ROSA, C. E.; ANDRADE NETO, A. S. O Uso Combinado das Metodologias Just-In-Time Teaching e Peer Instruction no Ensino Médio: uma Proposta para o Ensino de Soluções In: 24º Seminário Internacional de Educação, Tecnologia e Sociedade, 2019, Taquara, 24º Seminário Internacional de Educação, 2019.

ANJOS, J. R.; ANDRADE NETO, A. S. O uso combinado de diferentes mediações oriundas da construção e desenvolvimento de atividades utilizando um espectrofotômetro de baixo custo para o ensino de ciências In: ° Encontro de Debates sobre o Ensino de Química: alfabetizar em Química: os desafios da era moderna e 1º Encontro do Mestrado Profissional em Química da Região Sul, 2019.

ANJOS, J. R.; ANDRADE NETO, A. S. A concepção de ângulo em alunos dos 8º e 9º anos do ensino fundamental ao estudarem cinemática In: VII CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENSINO DE MATEMÁTICA, 2017, Canoas. Educação Matemática nos Anos Finais do Ensino Fundamental, 2017.

ANJOS, J. R.; ANDRADE NETO, A. S. Uso de linguagem de programação e atividades lúdicas como suporte para o ensino do conceito de gravidade no ensino fundamental In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - ENPEC, 2017, Florianópolis. Anais do XI ENPEC, 2017.

3. Trabalhos publicados em anais de eventos (resumo expandido)

ANJOS, J. R.; ANDRADE NETO, A. S. Instrumentalização para o ensino de física In: VI Encontro Estadual de Ensino de Física, 2017, Porto Alegre. Anais VI Encontro Estadual de Ensino de Física, 2017.

4. Apresentação de trabalho e/ou palestra

ANJOS, J. R.; ANDRADE NETO, A. S. Uma investigação entre diferentes mediações oriundas do estudo de espectroscopia após a utilização de um aplicativo de celular, SNEF, 2021. (Simpósio - Apresentação de Trabalho).

ANJOS, J. R.; ANDRADE NETO, A. S. O uso combinado de diferentes mediações oriundas da construção e desenvolvimento de atividades utilizando um espectrofotômetro de baixo custo, 2019. Referências adicionais: Brasil/Português. Meio de divulgação: Outro; Local: Univates; Cidade: Lajeado; Evento: 39º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química (Edeq); Inst.promotora/financiadora: Univates

ANJOS, J. R.; ANDRADE NETO, A. S. Construção de um espectrofotômetro, 2017. (Comunicação,Apresentação de Trabalho), Canoas; Evento: Expoulbra; Inst.promotora/financiadora: ULBRA.

ANJOS, J. R.; ANDRADE NETO, A. S. Instrumentalização para o ensino de física: construção de um espectrofotômetro, 2017. (Comunicação,Apresentação de Trabalho), Porto Alegre; Evento: VII Encontro Estadual de Ensino de Física – RS.

ANJOS, J. R.; ANDRADE NETO, A. S. Uso de Linguagem de Programação e Atividades Lúdicas como suporte para o ensino do conceito de gravidade no Ensino Fundamental, 2017. (Comunicação, Apresentação de Trabalho). Florianópolis; Evento: XI ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências

ANJOS, J. R.; ANDRADE NETO, A. S.; FREITAS, S. A.; GIACUMUZZI, G.; TAVARES, D. Ensino de Física através de dispositivos eletrônicos e ferramentas computacionais, 2016. (Comunicação, Apresentação de Trabalho), ULBRA; Cidade: Canoas.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	21
1.1 JUSTIFICATIVA	25
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA	28
1.3 OBJETIVOS	28
1.3.1 Objetivo geral	29
1.3.2 Objetivos específicos	29
2 REVISÃO DE LITERATURA	29
2.1 METODOLOGIA DE REVISÃO	29
2.2 CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES E PROFESSORES SOBRE A LUZ	34
2.3 PROPOSTAS E CONSTRUÇÕES ACERCA DO TEMA ESPECTROSCOPIA.....	38
2.4 “BYOD E SUA UTILIZAÇÃO NO ENSINO”.	41
2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO	43
3 REFERENCIAL TEÓRICO	43
3.1 TEORIA DA MEDIAÇÃO COGNITIVA EM REDE (TMC)	44
3.1.1 Revolução Digital	44
3.1.2 Fundamentação da TMC	47
3.1.3 Mecanismos e as Quatro Mediações	48
3.1.4 Evolução das formas de Mediação Cognitiva	54
3.2 CONSTRUÇÃO EXPLORATÓRIA DO PERFIL DE NÍVEL DE MEDIAÇÃO EXTERNA.....	56
3.2.1 Perfil Epistemológico	57
3.2.2 Perfil Conceitual	59
4 DELINEAMENTO METODOLÓGICO	62
4.1 A IDEIA INICIAL	63
4.2 PILOTO	64
4.2.1 Atividades do teste piloto	65
4.2.2 Resultados do teste piloto	66

4.2.3	Considerações do piloto e ajustes realizados.....	69
4.3	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	71
4.3.1	Delineamento da pesquisa qualitativa (interpretativa)	71
4.3.2	Contexto da pesquisa	72
4.3.3	Participantes da pesquisa.....	73
4.4	MATERIAIS DESENVOLVIDOS	74
4.4.1	Testes: Pré-teste e pós-teste.....	75
4.4.2	Slides	76
4.4.3	Simulações	83
4.4.4	A atividade com o aplicativo (guias)	87
4.5	DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES	90
4.5.1	Tarefas	90
4.5.2	Entrevistas	90
4.6	METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS	91
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	93
5.1	ANÁLISE DOS RESULTADOS DO GRUPO C	94
5.1.1	Traçando o perfil de nível de Mediação externo do Grupo C	104
5.1.2	Concepção de luz do Grupo C	108
5.2	ANÁLISE DOS RESULTADOS DO GRUPO H.....	110
5.2.1	Traçando o perfil de nível de Mediação do Grupo H.....	121
5.2.2	Concepção de luz do Grupo H.....	124
6	RELAÇÕES ENTRE OS REFERENCIAIS TEÓRICOS E OS RESULTADOS DA PESQUISA	125
	CONSIDERAÇÕES	128
	REFERÊNCIAS	131
	APÊNDICES	139
	APÊNDICE A – pré-teste/pós-teste	140
	APÊNDICE B – guia – emissão luminosa	141
	APÊNDICE C – guia – absorção luminosa	149

APÊNDICE D – Termo de ASSEntimento Livre e Esclarecido	156
APÊNDICE E – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para Menores	158
APÊNDICE F – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para Maiores	160
APÊNDICE G – Termo de Compromisso para Utilização de Dados	162
APÊNDICE H – Carta de Anuência.....	163

INTRODUÇÃO

O estudo da espectroscopia desempenhou papel de destaque na evolução do conhecimento científico, primeiramente sobre a natureza da luz e em seguida na identificação de elementos químicos (FILGUEIRAS, 1996). O fenômeno da decomposição da luz foi descrito por Isaac Newton no século XVII, quando observou o espectro visível proveniente da luz do Sol e é considerado o marco inicial da espectroscopia. Foi Newton quem empregou, pela primeira vez o termo “espectro”. A existência das radiações infravermelha (IV) e ultravioleta (UV) já eram exploradas no começo do século XIX, de maneira que os estudos e o desenvolvimentos de equipamentos ópticos permitiram o registro de grandiosos espectros, tais como os das cores de chamas e das radiações oriundas dos gases submetidos a descargas elétricas. Estes conhecimentos foram a base de investigações que possibilitaram o progresso da teoria atômica e o surgimento da Mecânica Quântica, a qual modificou os rumos da Física durante o Século XX.

A espectroscopia é uma área da Física que lida com o estudo da radiação absorvida, refletida ou emitida por uma substância, sendo que o espectrômetro é o instrumento que realiza a análise dessas radiações. Existem diversos tipos de espectroscopia, dependendo da sua utilização. A importância dos diversos ramos da espectroscopia ultrapassa o desenvolvimento de teorias da Física, executando, atualmente, um papel fundamental em pesquisas científicas e tecnológicas, muitas com o cerne em aplicações práticas. As técnicas são usadas, por exemplo, para a determinação da concentração de constituintes em fármacos e alimentos, na perícia criminal, identificação de elementos químicos e produção de novos materiais, os quais integram principalmente os dispositivos eletrônicos.

Observando o aumento dos recursos tecnológicos e o fácil acesso aos mesmos, as tecnologias têm influenciado no comportamento das pessoas e segue modificando as diferentes comunidades sociais; a educação, naturalmente, é um desses setores alterados pelo uso de novos equipamentos tecnológicos. Na área de Ensino de Física, Araujo e Veit (2004) fazem uma revisão ampla e bastante citada do uso de tecnologias para o uso no Ensino de Física ao nível Médio e Universitário.

Ostermann e Moreira (1999) investigam a abordagem de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio, apontando a escassez de trabalhos relacionadas às concepções alternativas (construtos pessoais) de estudantes acerca de tópicos de FMC (Física

Moderna e Contemporânea), bem como pesquisas que relatam propostas testadas em sala de aula com apresentação de resultados de aprendizagem. Para os autores, os alunos chegam à escola trazendo concepções alternativas para explicar o mundo físico, e essas ideias precisam ser investigadas. Em uma das justificativas, é afirmado que os temas em torno da FMC são vistos como difíceis e tratados – na maioria das vezes – apenas com o formalismo matemático, não despertando o interesse nos alunos, refletindo na concepção de estudantes que ingressam nas universidades.

Nesta mesma linha, segundo Brockington e Pietrocola (2005), os desafios em se trabalhar com a física moderna vão desde a complexidade imposta pela própria ciência – nem sempre, na graduação do professor, a física moderna é tratada com devida ênfase –, até a insegurança do docente em tentar qualquer mudança no domínio escolar, pois em muitos casos é cobrado do profissional que siga com uma proposta voltada para uma metodologia tradicional, carregada de conteúdo para dar conta do currículo. Com isso, a Física fica limitada em conceitos, fórmulas e contas, tendo cada vez mais dificuldade em proporcionar aos alunos uma formação crítica e autônoma.

Para Terrazzan (1992,1994), a tendência de atualizar-se o currículo de Física justifica-se pela influência crescente dos conteúdos contemporâneos para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a necessidade de formar um cidadão consciente e participativo que atue nesse mesmo mundo. Para Caruso e Freitas (2009) explicar conceitos pertinentes a Física Moderna no Ensino Médio “[...] faz parte de um desafio maior que vem preocupando pesquisadores e professores há algum tempo”.

Conforme a BNCC, “A contextualização Social, histórica e Cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimento humanos e sociais” (BRASIL, 2018, p. 549). Lembrando que, segundo a estrutura da BNCC, não há mais divisões das componentes curriculares na Educação Básica, sendo assim, a área de Ciências da Natureza tem o contexto de explorar as disciplinas integradas.

O advento da *internet* e o estabelecimento de culturas digitais modificaram as formas sobre como pensamos e fazemos educação. Lévy (1999) já preconizava que a chegada dos “telefones móveis” iria revolucionar as formas de comunicação no século XXI. Esses pressupostos do autor são reafirmados quando pensamos nos smartphones atuais, ainda mais com a pandemia ocasionada pela COVID-19.

[...] dados da pesquisa mostram que a migração de atividades presenciais para o ambiente digital, como consequência das medidas de distanciamento Social, levou a um aumento da demanda por *Internet* nos domicílios, assim como a um aumento da

proporção de usuários de *Internet* e das atividades realizadas on-line no período (CETIC, 2020).

De acordo com Moreira e Trindade (2017), as tecnologias móveis estão imersas no cotidiano dos usuários, reformulando as formas que interagimos e nos comunicamos. Estes aspectos podem ser aproveitados em contextos educativos a partir do desenvolvimento de estratégias de ensino e aprendizagem.

Observando o panorama, buscou-se desenvolver atividades que, além de despertar o interesse dos estudantes, seja possível o entendimento e a visualização de fenômenos da FMC que estão presentes no cotidiano deles, através da produção e imagens mentais. Facilitando a compreensão, principalmente quando se requer um determinado grau de abstração, como é o caso da espectroscopia e natureza da luz, afastando-se, apenas, do formalismo matemático.

A proposta baseou-se, inicialmente, na concepção BYOD “bring your own device” (traga seu próprio dispositivo) ou BYOT “bring your own technology” (traga sua própria tecnologia), em que os alunos levam para sala de aula o instrumento utilizado na pesquisa, o celular, sem a necessidade de o professor desenvolver um equipamento para a visualização do experimento (fenômeno) (SONG, 2014). A técnica já foi utilizada em outras atividades envolvendo princípios da espectroscopia, como no caso de Hosker (2017).

No entanto, dada a atual situação que vivemos durante o biênio 2020-2021, dentro de um período Pandêmico e as possibilidades do ensino remoto, foi realizada uma releitura do BYOD/BYOT utilizando-o em atividades acadêmicas como UYOD “use your own device” (use seu próprio dispositivo) ou UYOT “use your own technology” (use sua própria tecnologia). Tecendo uma analogia ao estudante que contará com seus aparelhos, sem a necessidade de ir para a escola, em sua residência, para transformá-lo em um equipamento de visualização dos espectros de baixo custo. Claro que, apoiado de documentos, roteiros ou materiais auxiliares para a elaboração das atividades.

Considerando o custo elevado de um instrumento óptico, a investigação visou o desenvolvimento de atividades referentes a espectroscopia, com alunos do Ensino Médio, utilizando um aplicativo de celular e materiais de baixo custo. Para isso, foi utilizado o aplicativo *SpectraUPB* (<https://www.upb.edu/en/contenido/spectrometry-software-for-android>), que está em fase de desenvolvimento pela Universidade Privada Boliviana, localizada em Colcapirhua, Bolívia. O *SpectraUPB* se apropria da câmera do celular, acoplada a uma grade de difração (como, por exemplo, um CD), para instantaneamente mostrar o espectro de luz visível e um gráfico, dado em termos do comprimento de onda da luz, da amostra em análise. O aplicativo está disponível gratuitamente para plataformas *Android*.

Com o auxílio de guias (roteiros) elaborados pela pesquisadora o aluno faz o uso do aplicativo e analisa espectros de emissão e absorção. Outros trabalhos vêm sendo desenvolvidos utilizando o celular para estudar conceitos de absorção e espalhamento da luz em sala de aula (MALISORN et al., 2019), a utilização de LEDs como fontes de luminosas (SILVA et al., 2014) e corantes de alimentos (GRASSE et al., 2016). Assim como, ideias de construção de espectrofotômetros de baixo-custo portáteis estão sendo discutidas, mas utilizando impressoras 3D para a confecção do suporte do instrumento (PAP, 2021; BRUININKS; JUURLINK, 2022).

A presente pesquisa busca identificar a origem da produção de imagens mentais, evidenciadas após a intervenção, com o intuito de compreender quais Mediações (SOUZA, 2004) facilitam e/ou estimulam a criação de representações sobre a temática. Com as ideias abordadas nos referenciais utilizados na pesquisa, sendo a Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) (SOUZA, 2004), o Perfil Epistemológico de Bachelard (1985) e o Perfil Conceitual de Mortimer (1995), traça-se o esboço do que é proposto neste trabalho como um “Perfil de Nível de Mediação Externa”, expondo as Mediações (Psicofísica, Social, Cultural e Hiper-cultural) que se destacam no processo de definição de determinado conceito, conforme a frequência de utilização efetiva da noção dos fenômenos, preferencialmente expressadas individualmente pelos participantes. Além disso, se tratando de conceitos relacionados com a natureza da luz, tem-se como objeto de estudo, as concepções (de luz) utilizadas por cada estudante ao descrever o fenômeno estudado.

As atividades foram desenvolvidas com estudantes dos segundo e terceiro anos do Ensino Médio, da rede pública de ensino, da região metropolitana de Porto Alegre/RS. A pesquisadora não lecionava durante o período de aplicação da investigação e produção de dados, portanto, optou-se por alunos de diversos colégios, mediante assinatura dos Termos de Assentimento e Consentimento. A pesquisa foi realizada no ambiente remoto, possuindo, dentre as Tarefas (como apresentação de *slides*, vídeos, simulações e testes), o desafio de elaborar uma atividade experimental conduzida de forma virtual.

A dissertação aqui apresentada, está dividida em capítulos. O capítulo presente é o primeiro, que traz a introdução, justificativa, o problema e os objetivos da pesquisa. No segundo capítulo é exposto a revisão bibliográfica, com os trabalhos que contribuíram para a presente pesquisa, classificados em três categorias: “concepções dos estudantes e professores sobre a luz”; “propostas e construções acerca do tema espectroscopia”; e “BYOD e sua utilização no ensino”. Os referenciais teóricos da pesquisa são abordados no terceiro capítulo, referindo-se à Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) (SOUZA, 2004), o Perfil Epistemológico de Bachelard (1985) e o Perfil Conceitual de Mortimer (1995), que nortearam a análise da investigação. Na

sequência, é apresentada a metodologia da pesquisa, com o delineamento do estudo, que consiste em uma investigação qualitativa (ERICKSON, 1985), desde a elaboração dos materiais, à aplicação e a metodologia de análise dos dados.

No quinto capítulo, tem-se a análise dos resultados, adquiridos após as análises realizadas sobre os pré-testes, pós-testes, guias e imagens de vídeo obtidas durante as entrevistas. A apreciação do conteúdo dessas gravações foi realizada por meio da análise gestual descritiva (MONAGHAN; CLEMENT, 1999).

Por fim, é exposta a relação entre os resultados da pesquisa e os referenciais teóricos utilizados no estudo e as considerações finais. Espera-se que esse trabalho contribua para Ensino de Ciências, em especial o Ensino de Física com informações pertinentes para professores e pesquisadores da área buscando compreender os processos de aprendizagem dos estudantes, em tempos que a sociedade como um todo vem enfrentando desafios.

1.1 JUSTIFICATIVA

A proposta de se trabalhar com uma pesquisa no Ensino Médio advém do alto desinteresse dos estudantes pela escola e por áreas da ciência. Na disciplina de Física, a falta de interesse, na maioria das vezes, está relacionada com a grande exposição às abordagens matemáticas no momento de se discutir algum fenômeno ou teoria (DA ROSA, 2005; RICARDO; FREIRE, 2007).

Dito isso, se tornam necessárias novas formas de introduzir os conteúdos em sala de aula, possibilitando que os estudantes percebam a ligação das atividades com o cotidiano, seja através do uso de experimentos (BENFICA; PRATES, 2020), conforme, também, o presente trabalho sugere, a transposição didática da literatura para a visualização de conceitos (DOS SANTOS et al., 2017) ou ainda a exploração de conteúdos científicos em uma situação comum, como o estudo de conceitos físicos presentes no trânsito (VIZZOTTO, 2019). Sabe-se da importância de entender a ciência como uma construção humana, que se altera dependendo do contexto em que está inserida, e das dificuldades sociais relacionadas com a aprendizagem (vulnerabilidade social, falta de conectividade etc.) Situações que produzem vastas possibilidades de estudo.

Esta pesquisa aborda o estudo de uma técnica com diversas aplicações tecnológicas, na perspectiva de inserir rudimentos da Física Moderna Contemporânea (FMC) no Ensino Médio, através de uma atividade experimental conduzida de forma remota. Nesse sentido, um

sem-número de autores, dentre os quais cita-se Paulo (1997) que considera pertinente a introdução de FMC no Ensino Médio, visto que esta faz parte do cotidiano da sociedade contemporânea. Ao ter noções de tópicos de FMC, o aluno dará sentido à Física, fazendo relações com o mundo que o cerca. Para esse autor, o entendimento de FMC fará o indivíduo ter uma capacidade cognitiva maior. A importância da compreensão da ciência como um empreendimento humano e construção Social, que se altera com o desenvolvimento da sociedade estava presente tanto nos Parâmetros Nacionais Curriculares (PCN) quanto na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), mostrando a necessidade de abordagens com essa visão em sala de aula.

Apesar de a espectroscopia ser uma técnica sofisticada e o espectroscópio (ou espectrógrafo) uma ferramenta poderosa para estudos da área de ciências da Natureza, é possível que o próprio estudante construa o aparelho que, apesar de simples, é baseado no mesmo princípio dos modernos instrumentos (decomposição da luz incidente em uma rede de difração), utilizando poucos materiais de fácil acesso e custo baixo. Tendo em vista possuir grande potencial didático e pedagógico, o espectroscópio permite ao professor abordar diferentes temas, como, por exemplo: natureza da luz; fenômenos ondulatórios (difração, polarização e interferência); princípio de Huygens; fotometria; óptica geométrica; ondas eletromagnéticas; cosmologia (ZAIKOWSKI et al., 2008); descoberta de novos elementos químicos; primórdios da teoria quântica; história da química; radiação térmica, entre outros da área de Ciências da Natureza.

A observação desses diferentes espectros de luz no Ensino Médio certamente levará a uma discussão aprofundada não somente sobre a natureza da luz, mas também sobre o desenvolvimento da Física e Química modernas, ressaltando a contribuição desse tipo de análise no surgimento de modelos atômicos (CAVALCANTE; TAVOLARO, 2002, p. 40).

A ideia da pesquisa de desenvolver as atividades com o Ensino Médio, também, é um reflexo de trabalhos anteriores que sugerem que os alunos ingressam nas universidades, muitos iniciantes no curso de Física, construindo as suas concepções, sobre o conceito de luz, baseadas nas ideias provenientes no Ensino Médio (KESONEN et al., 2017), como será explanado na Revisão da Literatura. Portanto, entende-se quais Mediações externas são utilizadas na criação de imagens mentais, para o conhecimento de luz, após a intervenção dos pesquisadores com atividades que envolvem técnicas de espectroscopia.

Devido à sua natureza interdisciplinar, a técnica da espectroscopia e o estudo da luz têm grandes potencialidades para integrar a área de Ciências da Natureza, que engloba as

disciplinas de Física, Química e Biologia. Além disso, favorece a inserção de atividades experimentais em ambientes formais de ensino (VANDERVEEN et al., 2013).

A confecção de um espectrofotômetro de baixo custo pode ser feita por professores e alunos de nível médio e/ou superior e seu reflexo sobre o aprendizado de temas mais complexos relacionados com as áreas de ciências pode trazer um ganho inestimável. De forma que, compõem a justificativa de elaboração da pesquisa a utilização desse equipamento barato e que permite a visualização dos espectros de emissão e absorção, como foi abordado na introdução da presente pesquisa.

Nesse contexto, o desenvolvimento de atividades em torno de conteúdos da Espectroscopia possibilita que o aluno tenha contato com um fenômeno natural, que está ao seu redor e, ainda, utilize instrumentos de baixo custo. É importante ressaltar que a Espectroscopia além de estar presente no cotidiano é uma técnica bastante utilizada em toda área de ciências, desde fins medicinais/biológicos, como para a análise de diferentes elementos da tabela periódica e, até mesmo, para as compreensões astronômicas.

Outras pesquisas sugerem que trabalhar atividades contextualizadas, como o aproveitamento dos alimentos, e que pertencem à vida do estudante potencializa a aprendizagem e contribui “[...] de forma significativa para o exercício da cidadania, sendo que o professor deve estar em busca de novas metodologias de ensino, atrelando a prática ao cotidiano do aluno” (ESTEVE; COELHO, 2021). Na dissertação de mestrado de Pires (2021), a autora defende que a realidade do contexto de uma determinada comunidade pode ser utilizada como estudo. No caso, a pesquisadora, ao entrevistar os futuros participantes da sua pesquisa, percebeu que um dos meios de sobrevivência econômica era a busca por material reciclável, optando por estudar o tema Energia x Reciclagem.

“Defendo a importância quanto a relação tema de estudo com conteúdo, pois se percebeu o engajamento por parte dos estudantes, com algo que tenha relação com o que eles vivenciam, assim podemos ter novas concepções para o aprendizado em Ciências, podendo potencializar o desenvolvimento de uma comunidade participativa, mostrando que seus conhecimentos têm valor diante de seus posteriores aprendizados” (PIRES, 2021).

Desenvolver atividades contextualizadas possibilita que os estudantes compreendam a realidade em que vivem, tornando o processo de construção do conhecimento pessoalmente significativo na formação daquela pessoa. “É a contextualização que circunscreve a perspectiva de abordagem interdisciplinar no processo que aproxima o conhecimento científico da realidade Social” (LEITE; SOARES, 2021). A temática da Espectroscopia pode proporcionar uma

aproximação e compreensão da realidade dos participantes com conceitos científicos e tecnológicos.

Por fim, justifica-se o desenvolvimento de simulações mentais (MONAGHAN; CLEMENT, 1999) como um agente facilitador no processo de aprendizagem dos estudantes. A investigação, predominantemente, por meio da Teoria da Mediação Cognitiva em Rede (TMC) interseccionada com as ideias de Bachelard e Mortimer, nos permite entender como se dá a construção de simulações mentais, as quais são oriundas dos mecanismos de processamento externo provenientes de diferentes níveis de Mediações (Social, Cultural, psicofísico ou Hiper-cultural), partindo-se do estudo qualitativo de fenômenos da Espectroscopia.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A ideia central em torno do problema de pesquisa do presente trabalho consiste em analisar quais níveis de Mediação, segundo a TMC (Psicofísica, Social, Cultural e Hiper-cultural) auxiliam os estudantes na produção de simulações mentais no momento de explicar questões relacionadas aos fenômenos de espectroscopia. Diante disso, emerge a pergunta central da pesquisa:

- Quais níveis de Mediação (Psicofísica, Social, Cultural e Hiper-cultural) facilitam a produção de imagens mentais pelos estudantes ao responder perguntas sobre conceitos pertinentes à espectroscopia, após a utilização de um aplicativo de celular que faz a análise de espectros de emissão e absorção?

Duas perguntas complementares surgem, uma a partir do momento que sugerimos a proposta de traçar um Perfil de Nível de Mediação Externa de cada estudante e outra ao perceber que os estudantes podem ter diferentes interpretações para o conceito de luz, sendo elas:

- É possível traçar um Perfil de Nível de Mediação Externa emergente em cada estudante ao responder perguntas sobre os conceitos de luz?

- Quais as concepções sobre o conceito de luz são utilizadas pelos estudantes ao responder as questões solicitadas?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Esta pesquisa tem como objetivo identificar dentre as quatro Mediações (Psicofísica, Social, Cultural e Hiper-cultural), quais mecanismos de processamento externo proporcionam a produção de imagens mentais nos estudantes do Ensino Médio após utilizarem um aplicativo de celular que realiza a análise de espectros de emissão e absorção. Após a intervenção, traçar-se, de forma exploratória, o Perfil de Nível de Mediação Externa, de acordo com as facetas particulares à cada estudante das imagens mentais evocadas durante a utilização do conceito, expressadas individualmente pelos participantes.

1.3.2 Objetivos específicos

- Possibilitar a visualização dos fenômenos de espectroscopia utilizando um aplicativo de celular;
- Entender quais Mediações vão proporcionar uma produção maior de imagens mentais, ou seja, identificar as medições predominantes;
- Compreender quais as concepções dos estudantes sobre o conceito de luz;
- Identificar se há relação entre a origem das imagens mentais construídas pelos alunos para compreensão dos fenômenos observados e as suas concepções sobre a luz;
- Verificar a construção exploratória do Perfil de Nível de Mediação;
- Desenvolver atividades de FMC no Ensino Médio.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, será apresentada a revisão de literatura elaborada com o propósito de orientar o estudo que resultou nesta pesquisa. Primeiramente, está descrita a metodologia utilizada para a revisão, seguida dos trabalhos selecionados e as categorias que emergiram dos resultados encontrados. Ao final, as contribuições à pesquisa são relatadas.

2.1 METODOLOGIA DE REVISÃO

Com o intuito de conhecer as produções científicas referentes à temática do estudo, além de encontrar subsídios para a pesquisa, a revisão de literatura dividiu-se em dois momentos. Inicialmente, optou-se em empregar uma revisão sistemática, conforme proposta por Sampaio e Mancini (2007), compreendendo os procedimentos: (1) elaboração da pergunta de investigação, (2) definição do método de busca, (3) determinação dos critérios de inclusão e exclusão dos documentos, e da (4) análise da relevância da literatura encontrada para esse trabalho.

Objetivando investigar a utilização de equipamentos tecnológicos de baixo custo para o ensino e o emprego de técnicas da espectroscopia de emissão e absorção e, conseqüentemente, a concepção dos conceitos de luz, a pergunta de investigação que orientou a revisão da literatura foi: de que maneira estão sendo empregados os estudos de espectroscopia utilizando equipamentos de baixo custo no ensino de Física? Essa pergunta determinou o início da revisão de literatura e, posteriormente, foi subsidiada com descritores e critérios de busca que possibilitaram o delineamento da revisão, conforme os objetivos da pesquisa. Salienta-se que, conforme o andamento da revisão, o “ensino de Química” foi inserido nos critérios de busca, visto que algumas propostas, como a construção de espectrofotômetros de baixo custo, auxiliaram no direcionamento da pesquisa.

Limitando-se o período de busca entre os anos de 2010 e 2020 (junho), foram consultadas pesquisas desenvolvidas em programas de pós-graduação e artigos no Brasil e exterior acerca da temática de Espectroscopia de Emissão e Absorção, através das bases de dados Education Resources Information Center (ERIC), SciELO, o Banco de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a plataforma Google Acadêmico. Percebeu-se que as pesquisas com um maior repertório de resultados e aplicações em sala de aula sobre a temática, bem como a utilização de recursos tecnológicos como simulações ou aplicativos, encontravam-se a partir de 2010. Pensou-se, também, no ano internacional da Luz (2015) e, portanto, o período de buscas se limitou aos últimos 10 anos. Os descritores utilizados nas buscas foram: “Spectrometer”, “Teaching”, “Physics”, “Chemistry”, “Education”, “Low-cost”, “Nature of light”, “Spectroscopy” e “Learning”. Buscando filtrar para as áreas de “Ensino”, “Ensino de Ciências” e “Ensino de Física”, todos da grande área do conhecimento “Ciências Humanas”.

A pesquisa também envolveu, adicionalmente, a consulta de artigos em algumas revistas da área de ensino de ciências, do Brasil e do exterior. Sendo elas: *Physics Education*, *American Journal of Physics*, *Journal of Chemical Education*, *Science Education*, *Science and Technological Education*, *Physical Review Physics Education Research*, *Revista Electrónica*

de Enseñanza de las Ciencias, Revista Brasileira de Ensino de Física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia e Ciência & Educação. O levantamento das pesquisas, resultou em uma amostra de 87 trabalhos (51 referentes a concepção dos estudantes/professores acerca do tema “luz” e 36 sobre a espectroscopia), sendo que esta escolha se deu mediante a leitura de seus resumos. Neste caso, e como as revistas são específicas à área de Ensino/Educação, não houve a necessidade dos filtros supramencionados.

Como critério para inclusão ou exclusão dos documentos selecionados, seguindo os procedimentos de revisão sistemática de literatura, foram escolhidos os que mais se identificavam com o objetivo do projeto, sendo aplicações em sala de aula (com a percepção dos estudantes/professores) dentre os três níveis de ensino ou construções e propostas (de baixo custo) para posterior utilização no ensino. De maneira que, a amostra de trabalhos selecionada foi reduzida para 21 documentos para serem usados de subsídio.

A pesquisa tinha como objetivo inserir a técnica BYOD em suas atividades, assim foi realizada uma segunda busca identificando as possibilidades de utilizar a prática – BYOD - no Ensino de Física. Limitando-se ao mesmo período de busca (últimos 10 anos) e pesquisando através das bases de dados já mencionadas, descritores como “BYOD” AND (“school” OR “physics” OR “teaching” OR “education” OR “learning”) foram investigados.

As buscas também ocorreram em outras revistas da área de ensino e tecnologias, do Brasil e do exterior, como: Computers & Education, Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia, Revista Internacional de Ciências, Tecnologia e Sociedade, Computer Applications in Engineering Education e Computers in Human Behavior. Com o intuito de conhecer as produções científicas referentes à temática BYOD e o ensino, 25 documentos foram separados, sendo 9 referentes ao ensino de Física e apenas 3 abordavam o tema “espectroscopia”.

Mediante a leitura de seus resumos e metodologia, 4 trabalhos sobre BYOD foram selecionados. Os critérios utilizados para a escolha dessa amostra foi a contribuição à presente pesquisa e relações que podem ser realizadas. Os 25 artigos que apresentam conteúdo de interesse à investigação no período de 2010 a 2020 (junho) encontram-se organizados no Quadro 1 e divididos nas seções “Concepções dos estudantes e professores sobre a Luz”, “Propostas e construções acerca do tema Espectroscopia” e “BYOD e sua utilização no Ensino”.

Quadro 1 - Trabalhos selecionados após a revisão de literatura, sendo os quatro últimos advindos da segunda revisão realizada (BYOD).

TÍTULO	ANO	AUTORES	NÍVEL DE ENSINO/PARTICIPANTES DA PESQUISA	LOCAL DE PUBLICAÇÃO
Hands-On Spectroscopy: Inside and Outside the First-Year Laboratory	2020	Christine Mundy e Marietjie Potgieter.	Ensino Superior	Journal of Chemical Education.
O estudo da espectroscopia no Ensino Médio através de uma abordagem histórico-filosófica: possibilidade de interseção entre as disciplinas de Química e Física.	2015	Hebert Roberto Araujo Silva e Andreia Guerra Moraes.	Ensino Médio.	Caderno Brasileiro de Ensino de Física.
Students' conceptions on White light and implications for teaching and learning about colour	2017	Claudia Haagen-Schützenhöfer.	Ensino Médio.	Physics Education
Espectroscopia óptica de baixo custo: uma estratégia para a introdução de conceitos de física quântica no ensino médio.	2019	Aissa Azevedo, Anderson Sousa e Tiago Castro.	Ensino Médio.	Revista Brasileira de Ensino de Física.
Proposta de construção de espectroscópio como alternativa para o ensino de Astronomia.	2016	Lucas Guimarães Barros, Alice Assis e Rodolfo Langhi.	Ensino Médio.	Caderno Brasileiro de Ensino de Física.
Espectroscopia e modelos atômicos: uma proposta para a discussão de conceitos de Física Moderna no Ensino Médio	2017	Fábio Bartolomeu Santana e Paulo José Sena dos Santos.	Ensino Médio.	Caderno Brasileiro de Ensino de Física.
Desenvolvimento de Espectrofotômetro para Medidas de Absorção/Emissão na Região do Visível Utilizando Lâmpadas Incandescentes, DVD e um Smartphone	2015	Helton Jader de Oliveira.	Proposta para o Ensino Médio e Ensino Superior.	Dissertação – Universidade Federal da Paraíba.

Identifying student and teacher difficulties in interpreting atomic spectra using a quantum model of emission and absorption of radiation	2016	Savall-Aleman et al.	Ensino Médio, Ensino Superior e Professores.	Physical Review Physics Education Research.
Teaching UV–Vis Spectroscopy with a 3D-Printable Smartphone Spectrophotometer	2015	Elise Grasse, Morgan Torcasio e Adam Smith.	Ensino Médio.	Journal of Chemical Education.
Demonstration of light absorption and light scattering using smartphones	2020	Malisorn et al.	Proposta para o Ensino Médio e Ensino Superior.	Physics Education.
A spectrometer based on smartphones and a low-cost kit for transmittance and absorbance measurements in real-time	2017	Ormachea, Villazón e Escalera.	Proposta para o Ensino Médio e Ensino Superior.	Óptica Pura Y Aplicada.
Learning colours of light reflected from pigments using coloured light	2020	Ferhat Ermis e Ibrahim Karaman.	Proposta para o Ensino Médio.	Physics Education
O entendimento dos estudantes sobre a natureza da luz em um currículo recursivo.	2010	Geide Rosa Coelho e Oto Borges.	Ensino Médio.	Caderno Brasileiro de Ensino de Física.
Light Source Matters– Students’ Explanations about the Behavior of Light When Different Light Sources are used in Task Assignments of Optics	2017	Mikko Henri Petteri Kesonen, Mervi Anita Asikainen e Pekka Emil Hirvonen.	Ensino Superior.	Journal of Mathematics Science and Technology Education.
How do Turkish high school graduates use the wave theory of light explain optics phenomena?	2010	Sengoren.	Ensino Superior.	Physics Education.
A cross-age study of an understanding of light and sight concepts in physics.	2013	Salih Uzun, Nedim Alev e Işık Saliha Karal	Ensino Fundamental, Ensino Médio e Ensino Superior	Science Education International.
Comparing different approaches to visualizing light waves: An	2016	Mešić et al.	Ensino Médio.	Physical Review Physics

experimental study on teaching wave optics.				Education Research
Determination of university students' misconceptions about light using concept maps.	2014	Blizak Djanettea e Chafiqi Fouad.	Ensino Superior.	Procedia-Social and Behavioral Sciences.
Elementary School Teachers' Familiarity, Conceptual Knowledge, and Interest in Light	2015	Frackson Mumbaa, Simon Mbeweb e Vivien M. Chabalengulaa.	Professores do Ensino Fundamental.	International Journal of Science Education
Explore the concept of "light" and its interaction with matter: an inquiry-based science education project in primary school	2015	Varela e Costa.	Ensino Fundamental.	Journal of Physics
Investigating students' mental models about the nature of light in different contexts	2015	Özgür Özcan	Ensino Superior	European Journal of Physics
Light interference from a soap film: a revisited quasimonochromatic experiment	2019	Gratton, Onorato e Oss.	Proposta para o Ensino Médio.	Physics Education
"Bring Your Own Device (BYOD)" for seamless science inquiry in a primary school	2014	Yanjie Song	Ensino Fundamental	Computers & Education
The Beer Lambert law measurement made easy	2018	Onorato Pasquale et al.	Ensino Superior.	Physics Education.
Spectrophotometers for labs: A cost-efficient solution based on smartphones	2019	Balado Sanchez, Carlos et al.	Proposta para o Ensino Superior.	Computer Applications in Engineering Education

Fonte: A pesquisa.

2.2 CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES E PROFESSORES SOBRE A LUZ

Estudos que envolvem a concepção de estudantes sobre a natureza da luz, salientam a importância de se desenvolver atividades relacionadas com os conceitos de luz já no ensino básico. Existe na literatura um número considerável de trabalhos referentes ao pensamento dos estudantes sobre as propriedades da luz e a sua relação com o processo de visão, mas são incipientes os estudos que investigam o entendimento dos estudantes sobre a natureza da luz (COELHO; BORGES, 2010).

Coelho e Borges (2010), investigam a mudança no entendimento dos estudantes sobre a natureza da luz, ao longo do terceiro ano do Ensino Médio e, o que os autores chamam de “patamar de entendimento dos alunos sobre a temática” ao final do ano letivo. Para avaliar a compreensão dos estudantes, foi desenvolvido um instrumento qualitativo e um sistema categórico hierarquizado constituído de cinco modelos emergentes sobre a natureza da luz.

O mesmo instrumento qualitativo foi aplicado em duas ocasiões distintas em um intervalo de 10 meses, o que proporcionou o acesso ao entendimento dos estudantes ao iniciar e ao encerrar o terceiro nível. Os resultados indicaram que os estudantes possuíam um alto conhecimento prévio e as experiências que eles vivenciaram nesse período produziram efeitos significativos para o progresso nos modelos individuais de cada aluno. Em relação ao patamar de entendimento dos estudantes, ao encerrar o terceiro ano, a maioria deles mobilizaram os modelos eletromagnético, corpuscular (com a hipótese do quantum de energia) ou dual, mas com alguns estudantes apresentando inconsistências em suas explicações.

Os autores da pesquisa afirmam que os estudantes misturam modelos de comportamentos da luz, sendo uma consequência da não distinção entre as diferentes ideias presentes nas duas teorias sobre a luz: a teoria eletromagnética e a teoria corpuscular com a hipótese do quantum de energia. Enfatizam, também, que os livros-textos de física geralmente não deixam claro essa distinção, ao apresentarem o modelo dual da luz, e tampouco transmitem, de forma acurada, a história associada ao desenvolvimento dos modelos da luz.

Isso se reflete nos alunos que ingressam nas universidades, muitos iniciantes no curso de Física, constroem suas concepções baseadas nas ideias provenientes no Ensino Médio. Em trabalhos anteriores, Kesonen et al. (2017) estudam 60 estudantes (iniciantes) do curso introdutório de Física Básica, com o intuito de compreender as dificuldades dos participantes acerca dos “modelos de raio e modelo de onda” da luz, visto que, estudos realizados em nível universitário concluíram que os alunos falham em desenvolver entendimento suficiente da luz devido as suas dificuldades em compreender esses dois modelos (SENGÖREN, 2010; MAURINES, 2009; COLIN; VIENNOT, 2001). Os resultados evidenciaram que a luz de diferentes fontes (lâmpada e laser) utilizadas, desencadearam diversos conjuntos de ideias nos estudantes, sugerindo que as dificuldades dos sujeitos em entender a luz e seu comportamento são parcialmente causados por suas experiências com as fontes de luz, comumente, rotuladas nas atribuições de tarefas de óptica e o contexto em que o assunto é abordado nos níveis anteriores de educação (KESONEN et al., 2017).

Ainda sobre as universidades, em outro estudo, o autor Özcan (2015) retrata os modelos mentais de luz de graduandos em Física, que cursaram a disciplina de Física Moderna

em duas Universidades da Turquia. A investigação abordou três diferentes contextos, como a radiação do corpo negro, o efeito fotoelétrico e o efeito Compton. Os dados de 110 estudantes/professores foram coletados e como resultado, três modelos mentais foram utilizados pelos alunos na explicação desses fenômenos.

De acordo com a pesquisa, os alunos geralmente usam fragmentos de conhecimento não científico junto com os científicos ao desenvolver modelos mentais relacionados à luz. Portanto, não conseguiram usar as características de onda e partícula da luz de maneira apropriada.

Já sobre o Ensino Médio, autores afirmam que atividades experimentais contribuem para o entendimento de conceitos relacionados à luz. Uma dessas investigações fornece informações sobre a formação de cores com uma atividade experimental baseada na reflexão de luzes coloridas (ERMIS; KARAMAN, 2020). Na atividade, uma câmera de celular, papéis coloridos e uma lâmpada LED colorida são usados. De maneira que, a tarefa oferece a oportunidade de observar o comportamento de reflexão seletiva da luz, com diferentes cores, em uma experiência real e pode ser desenvolvida no Ensino Médio.

Outro estudo (SCHÜTZENHÖFER, 2017) indica que os alunos muitas vezes carecem de um conceito adequado sobre a luz branca, mesmo após aula de óptica, para compreender os processos de formação da cor. O mesmo ocorre em pesquisas que investigam compreensão dos alunos sobre a óptica ondulatória (MEŠIĆ et al., 2016). Neste caso, os pesquisadores solicitaram a participação de três turmas do Ensino Médio, totalizando 85 estudantes, e abordaram o tema “onda de luz” utilizando três metodologias diferentes, sendo uma delas a convencional. O objetivo era avaliar a influência de diferentes abordagens para a visualização de ondas de luz na compreensão dos alunos sobre a óptica ondulatória. Os resultados da pesquisa, indicaram que os alunos dos dois grupos não convencionais superaram os alunos que aprenderam de acordo com a abordagem convencional, ou seja, eles mostraram um entendimento muito melhor da óptica ondulatória.

As dificuldades em entender a propagação da luz em Óptica não está apenas nos estudantes do Ensino Médio. Em outro estudo, os autores defendem uma renovação das ferramentas didáticas utilizadas na educação, em geral, e no ensino de OG (óptica geométrica), em particular. O principal objetivo da investigação foi mostrar que o mapeamento de conceitos (utilizando o mapa conceitual) é uma ferramenta eficaz na forma de revelar os equívocos dos alunos, ao estudar o GO, durante o primeiro ano na universidade. Para isso, solicitaram que 52 alunos universitários, calouros, com especialização em ciências da vida e natureza, desenhassem mapas conceituais sobre a propagação da luz antes e após as aulas formais. Os

resultados da análise dos mapas dos alunos concordam com os resultados de outras pesquisas (como as anteriores aqui relatadas); os alunos têm muitos conceitos errados sobre a luz e a estratégia tradicional usada para ensinar OG não é eficaz para a mudança conceitual.

Em outra investigação, os autores Mumbaa et al., (2015) mostraram que não são apenas os alunos que possuem dificuldades em entender conceitos relacionados à luz. O estudo explorou a familiaridade, o conhecimento conceitual e o interesse de professores do Ensino Fundamental em aprender mais sobre a luz e seus conceitos relacionados. Sessenta e seis professores dos Estados Unidos foram analisados através de testes estatísticos. Os testes mostraram que a maioria dos professores exibiu um baixo conhecimento sobre conceitos da luz, mas grande interesse em aprender mais.

Muitas vezes faltam recursos para que os professores tenham a facilidade de explorar temas como o apresentado aqui. Utilizar estratégias experimentais, como as propostas nesta dissertação, pode auxiliar os docentes no momento de inserir conteúdos relacionados ao conceito de luz.

Na mesma ideia do artigo anterior, desenvolvido com professores do Ensino Fundamental, Varela e Costa (2015) abordam o tema “luz” e suas concepções através de propostas de atividades desenvolvidas com o terceiro ano desse nível de ensino. As tarefas envolviam o manuseio de lanternas, cartolina, lentes, espelhos, a construção de um Periscópio e eram guiadas através da técnica POE - Predizer-Observar-Explicar. Ao final das atividades, os estudantes, conforme os pesquisadores, conseguiram atingir níveis mais elevados de compreensão e desenvolver melhores habilidades de raciocínio e a maioria das crianças adquiriu conhecimentos sólidos sobre a luz e a sua interação com os materiais.

Este trabalho não só contribuiu por sua abordagem ao tema “luz” (com propostas em sala de aula) e a técnica POE, mas também, por trazer em seu texto a preocupação com os professores e a formação inicial. Apesar de não ser o foco da investigação da dissertação, o artigo abordou a falta de conhecimentos didáticos específicos sobre como explorar as diferentes temáticas curriculares (com crianças ou adolescentes). O que vem de encontro com a proposta do Espectrofotômetro desta pesquisa, já que os autores apontam que esse conhecimento deve ser baseado em dados e ferramentas que emergem de pesquisas acadêmicas.

Destaca-se, ao final desta seção, uma pesquisa realizada na Turquia que aborda a compreensão de luz em alunos do Ensino Fundamental, Médio e Universitário, totalizando 98 estudantes, buscando identificar diferentes perspectivas nos diversos níveis de ensino. Os resultados indicaram que os participantes descreveram a luz em dois tipos; o primeiro identificando a estrutura e natureza da luz como uma entidade física e o outro reconhecendo

suas interações com o meio ambiente e efeitos (UZUN et al., 2013). Os estudantes do Fundamental relacionaram a ideia de luz com “iluminação, possibilidade de vida e fontes de luz”, criando uma interação entre as disciplinas de ciências, já os alunos do Médio viam a luz com uma perspectiva ondulatória.

À medida que a idade e os níveis dos participantes avançavam, eles perceberam a luz como um fenômeno físico (relataram as ideias de refração, velocidade, modelos de onda e partícula, por exemplo), com o reconhecimento de suas interações com outros objetos. A pesquisa revela que, em todos os níveis, há uma falta de conhecimento sobre os fenômenos da luz, relatando que um número significativo deles não conseguiu dar razões científicas, ou seja, sem uma compreensão clara do conceito.

2.3 PROPOSTAS E CONSTRUÇÕES ACERCA DO TEMA ESPECTROSCOPIA

Trabalho como o dos autores Silva et al. (2015) estudam a inserção de Física Moderna no Ensino Médio, através da espectroscopia com uma abordagem histórico-filosófica. Buscando responder a seguinte questão: que elementos do tema espectroscopia desenvolvidos em aulas de Física, numa abordagem histórico-filosófica, podem complementar o estudo de modelo atômico realizado nas aulas de Química do Ensino Médio? Foram desenvolvidas sequências didáticas com alunos do terceiro ano do Ensino Médio e para a análise, adotou-se uma metodologia qualitativa, contendo gravações de áudio e vídeo.

Nesta contribuição, os estudantes participaram de aulas teóricas e práticas, envolvendo um espectroscópio de baixo custo elaborado em casa, onde puderam observar e fotografar os espectros das lâmpadas de vapor de sódio e de mercúrio. Ao todo foram 11 aulas, até se chegar no assunto principal que era o Modelo Atômico de Bohr. Tal abordagem, ao trazer à sala de aula discussões sobre o contexto sócio, Cultural e científico em torno do desenvolvimento da espectroscopia, permitiu o destaque de pontos como o movimento artístico do pontilhismo, os estudos com raios catódicos e raios X, a identificação do elétron, que permitiram ao professor explorar a diferença entre uma concepção contínua e uma discreta do átomo e a relação com modelos atômicos. Esta abordagem foi efetuada interdisciplinarmente e motivadora, permitindo apontar que o estudo do tema espectroscopia, nas aulas de Física, é capaz de suscitar questões importantes ao estudo do modelo atômico desenvolvido nas aulas de Química.

Outro trabalho, bastante semelhante e do mesmo periódico consultado (Caderno Brasileiro de Ensino de Física), os autores buscam resultados a partir da discussão acerca da

questão: como o homem sabe do que o Sol é feito se ele nunca esteve lá? Para responder, Santana e Santos (2017) abordam um percurso didático envolvendo a história da espectroscopia, as quantizações da energia e da radiação, e três modelos atômicos. A metodologia envolveu o uso de simulações, atividades experimentais e vídeos.

Nos resultados, apesar do sucesso nas questões referentes a quantização da energia, percebeu-se que os estudantes, que cursavam o terceiro ano do Ensino Médio, possuíam dificuldades em relacionar as transições eletrônicas com a formação de espectros. Uma evidência que aponta para a necessidade de aprofundamento no tema envolvido, uma vez que a abstração do fenômeno acarreta obstáculos na aprendizagem e a combinação com atividades de simulação ou experimentos podem ser uma alternativa.

Falando do Ensino Médio, a contribuição de Azevedo et al. (2019) é mais um exemplo de confecção e aplicação de um espectrômetro óptico de baixo custo como recurso didático para a introdução de conceitos de Física Quântica no Ensino Médio. Para a investigação, utilizaram uma grade de difração comercial, lentes convergentes (lupas), webcam e o software *Tracker* para extração dos dados. Os resultados mostraram que a obtenção de espectros de emissão de lâmpadas fluorescentes, LEDs e lasers dá subsídios concretos para se discutir conceitos relacionados com quantização de energia, transições eletrônicas, bandas de energia, emissão e absorção de fótons etc.

Na dissertação de Oliveira (2015), o autor aborda o desenvolvimento de um espectrofotômetro para medidas de absorção/emissão na região do visível, utilizando equipamentos de baixo custo, como uma lâmpada incandescente, um DVD e o celular. Para a análise, o autor utilizou 14 amostras diferentes, como xarope de sulfato ferroso, soro fisiológico, polivitamínicos e águas naturais. A ideia da pesquisa foi validar a utilização do espectrofotômetro comparando as análises com aparelhos comerciais para os modos de emissão e absorção. Ao final, chegou-se na aproximação de 95% de confiança para os resultados de concentrações das misturas líquidas, obtidas com ambos os instrumentos, ou seja, não houve diferença estatística significativa, apresentando precisão na determinação dos espectros para fins acadêmicos.

Os estudos de Barros et al. (2016), contribuem com a proposta de utilização de um espectroscópio de baixo custo como uma alternativa para o ensino de Astronomia. Em sua obra, os autores abordam uma fundamentação teórica sobre a espectroscopia, concomitantemente com aplicações na Astronomia, e fornecem a construção de um espectrofotômetro com materiais baratos, assim como imagens de espectros obtidos a partir da luz do Sol. A proposta

dos autores propõe apenas a identificação do espectro com a câmera do celular para posterior análise.

No artigo de Alemany et al. (2016), os autores procuram identificar as dificuldades que alunos do Ensino Médio, professores e universitários do curso de Física, de uma universidade privada espanhola, encontram ao tentar explicar espectros atômicos. Para isso, elaboraram perguntas abertas para os alunos e professores, nas quais os participantes precisavam responder com previsões.

Os resultados mostraram que menos de 10% do Ensino Médio (37 participantes) foi capaz de prever ou interpretar espectros de emissão e absorção. No caso da Física, estudantes de graduação, encontraram uma progressão notável na aprendizagem dos fenômenos de emissão (mais de 50% das respostas corretas), mas o resultado foi significativamente menor para o fenômeno de absorção (apenas 23% deram uma resposta correta).

Tendo em vista que os estudantes da graduação já haviam passado pela disciplina de Física Quântica, os resultados da pesquisa não se mostraram satisfatórios. Entre os professores (30 entrevistados), apenas 39% conseguiram responder as questões de maneira correta, demonstrando que as perguntas eram complexas. Os autores afirmaram que alunos e professores experimentam as mesmas dificuldades em compreender os conceitos relacionados aos estudos dos espectros, por ser um conteúdo, muitas vezes, apresentado com formalismos matemáticos ou por não modificarem estruturas cognitivas ao relembrar o assunto. Este trabalho em particular ressoa com o nosso, em especial a natureza dos resultados obtidos e da grande dificuldade de compreensão do espectro de absorção por parte dos estudantes.

No artigo de Malisorn et al. (2020) os autores demonstram a dispersão e absorção da luz, através da câmera do celular. A ideia da construção é usar dois celulares, um para ser a fonte luminosa e outro para captar o espectro proveniente do primeiro, de maneira que seja útil e fácil para os professores de Física apresentarem os fenômenos. Assim como outros pesquisadores, os dados dessa pesquisa foram testados e conferem com a Lei de Beer – Lambert, trazendo diversas possibilidades para o ensino de Física e demais disciplinas que contemplam a área de Ciências da Natureza.

O mesmo ocorre na aplicação do experimento relatado por Mundy e Potgieter (2015), no qual os autores também utilizam um aparelho celular. O trabalho aborda a construção de uma ferramenta espectral simples, portátil, de baixo custo e foi desenvolvida em sala de aula, neste caso, com alunos do Ensino Superior. O Mini Spec, como foi chamado o aparato, foi bem-sucedido como um simples e de baixo custo experimento de laboratório. Os alunos conseguiram construir seus próprios Mini Specs e usá-los para fazer observações práticas de espectros, além

disso, é relatado que a confiança e liberdade fornecidas aos estudantes aumentou o interesse nas aulas.

E outro artigo referente a construção de um espectrofotômetro para utilização em sala de aula, constituiu-se de aplicações com o SpectraUPB, aplicativo usado durante as atividades que compõem esta dissertação. Os autores Ormachea et al. (2017), da Bolívia, retratam toda a montagem do aparato, com a maneira de calibrar o aplicativo e a validação qualitativa dele.

Por fim, na contribuição de Grasse et al. (2015), é apresentado uma possibilidade de estudo de Espectroscopia, tanto para alunos do Ensino Médio como do superior, o artigo aborda uma atividade no curso de química elaborada com o auxílio do celular. Para os autores, um grande desafio no ensino de espectroscopia é obter acesso a equipamentos de laboratório, que podem ser caros. O grupo de pesquisadores sugere a utilização para diversas técnicas, como verificar a dispersão da luz solar e comparar com diferentes fontes luminosas.

No trabalho são utilizados corantes de alimentos para o modo de absorção (colocar diferentes quantidades e realizar a medição), por este motivo se torna um artigo de bastante relevante para a pesquisa aqui apresentada. É disponibilizado um guia para que os estudantes possam confeccionar seus próprios equipamentos, algo bastante semelhante à técnica BYOD que foi abordada durante as atividades da pesquisa.

2.4 “BYOD E SUA UTILIZAÇÃO NO ENSINO”.

Quando foi iniciada a busca pelo termo “BYOD e o ensino”, foi encontrado diversos artigos que abordam a redução de custos em escolas (WOODSIDE; AMIRI, 2014), revisões de literatura a respeito da inserção do termo em sala de aula (JAMAL et al., 2020), aplicações no Ensino Médio (GUAN; CHAU, 2016) e a percepção de professores e graduandos a respeito da utilização de tecnologias no Ensino Superior (HINO et al., 2019). Entre os resultados, o que todos tinham em comum era que a entrada dos dispositivos e da tecnologia no ambiente acadêmico é irreversível e auxiliam, cada vez mais, no ensino-aprendizagem.

Como já foi relatado, 4 trabalhos foram selecionados para compor a revisão de literatura aqui apresentada. Ao longo dos próximos parágrafos discorre-se a respeito deles.

O primeiro a ser descrito é um dos artigos mais citados na ferramenta Google Acadêmico quando os descritores “BYOD AND school” são colocados. O trabalho foi realizado em uma escola de Ensino Fundamental, em Hong Kong, durante a disciplina de Ciências, abordando o tema “Anatomia dos Peixes” (SONG, 2014). O estudo objetivava

entender o avanço do conhecimento do conteúdo que os alunos teriam na investigação científica em um ambiente de aprendizagem, com o suporte de seus próprios dispositivos móveis. Pré e pós testes foram realizados, assim como diários de pesquisa e trabalhos em grupo.

Os resultados da pesquisa mostram que os alunos avançaram seus conhecimentos na compreensão da anatomia dos peixes muito além do conhecimento no livro didático, aproveitando as vantagens de vários recursos de dispositivos móveis. De modo geral, os alunos desenvolveram uma atitude positiva em relação ao uso do BYOD, o que pode ser abordado (e foi) em pesquisas científicas seguintes.

As próximas pesquisas abordam propostas para o ensino de conceitos físicos no Ensino Superior e Médio. A primeira investigação propõe o uso de um aparelho baseado em smartphone como uma ferramenta valiosa para investigar a absorção óptica de um material (ONORATO et al., 2018). São realizadas atividades simples, para alunos de graduação, em laboratório, e o celular é utilizado apenas como “sensor” da montagem experimental para posterior análise.

Outra investigação que aborda uma atividade alternativa para laboratório do Ensino Superior é o proposto por Sánchez e colaboradores (2018). Neste, os autores apresentam uma opção aos tradicionais espectrofotômetros (na faixa do visível) baseada na utilização de celulares e que pode ser aplicada ao contexto de BYOD. Os dados foram capturados pelo celular, analisados através de aplicativos e do site *Spectral Workbench* e forneceram resultados promissores para a aplicação do aparato em sala de aula, tornando-se uma alternativa aos altos custos de equipamentos industriais.

Por fim, Rosi et al. (2019) propõem uma atividade para o Ensino Médio acerca do tema “a natureza ondulatória da luz”, trabalhando a ideia de interferência da luz em uma bolha de sabão. Neste caso, o celular também foi uma das tecnologias utilizadas, tanto para tirar fotos, como para fazer uma estimativa simples do comprimento de onda da luz através de uma grade de plástico sobreposta à lente. Os valores apresentados se mostraram promissores para a aplicação do experimento no ensino de Física. Também foi possível estudar e analisar a dependência do tempo e o desenvolvimento da película de sabão (em termos de sua espessura variável), considerando uma sequência de fotos tiradas em intervalos regulares de tempo.

De modo geral, esta revisão tratou de aplicações em sala de aula (identificando uma preocupação maior entre os pesquisadores em desenvolver atividades envolvendo a Física Moderna no Ensino Médio) e construções de equipamentos ópticos, em especial da área de espectroscopia, de baixo custo que pudessem contribuir com a elaboração desta investigação. Portanto, a revisão bibliográfica contribuiu com uma melhor percepção das dificuldades

encontradas por estudantes e professores quando se trabalha com temas relacionados à luz. Assim como, compreender como estão sendo elaboradas as atividades experimentais sobre espectroscopia.

2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO

Na revisão de literatura pode-se perceber que há uma preocupação em encontrar materiais de baixo custo para a elaboração de atividades envolvendo os temas pesquisados. Assim como, foi possível entender de que maneira estas propostas foram conduzidas, contribuindo para o desenvolvimento da pesquisa, e quais suas potencialidades para o ensino.

Por meio das contribuições apresentadas, percebe-se a existência de diversos trabalhos abordando a Física Moderna no Ensino Médio, a construção de espectrômetros e as dificuldades de professores e alunos em compreender a natureza da luz. No entanto, poucos são aqueles que trabalham a espectroscopia com o intuito de entender as concepções dos participantes acerca do tema “luz”. Neste mesmo cenário, raros são os casos em que a absorção é objeto de estudo entre os diversos experimentos realizados - se comparado com resultados não satisfatórios em torno da técnica.

As investigações selecionadas contribuíram significativamente para a elaboração da pesquisa, desde a sugestão de materiais (corantes de alimentos, sucos, tintas, cartolina), como a investigação do conhecimento sobre a luz dos participantes antes e depois da intervenção. Sendo assim, esta revisão de literatura corrobora com a importância dos objetivos desta pesquisa, na qual busca-se verificar quais mecanismos de processamento externo proporcionam a produção de imagens mentais nos estudantes do Ensino Médio após utilizarem um aplicativo de celular que realiza a análise de espectros de emissão e absorção.

A seguir, será tratado o referencial teórico adotado por esta pesquisa.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, será abordado o referencial teórico responsável por nortear esta pesquisa. Apresenta-se a Teoria da Mediação Cognitiva em Rede (TMC), uma teoria que visa explicar os impactos que as tecnologias digitais têm sobre o pensamento, apresentando uma visão de que a cognição humana é o resultado de processamento de informações, onde uma boa parte do processamento é feito fora do cérebro, “visto que este é limitado” (SOUZA, 2004, p.

54) para processar todas as informações recebidas. Ou seja, o cérebro por mais fantástico que seja é um sistema físico e possui limites, um dos limites conhecidos é a teoria da carga cognitiva (MILLER, 1956). Nesse sentido, utiliza-se o processamento externo por meio da interação com estruturas do ambiente para aumentar a capacidade de processamento de informações. A presente pesquisa utiliza a ideia da TMC que relaciona a utilização de recursos tecnológicos com o processo de ensino e aprendizagem (quando comparado ao mesmo, sem a Mediação tecnológica), não em delimitar o cérebro.

A TMC explica que a cognição e o aprendizado, por meio do processamento extracerebral, são realizados em diferentes níveis de Mediação (Psicofísica, Social, Cultural e Hiper-cultural). Conjectura-se que é possível traçar um Perfil de Nível de Mediação Externa para cada participante, sobre um determinado conceito, que indicaria quais níveis de Mediação são preferencialmente utilizados pelo mesmo, ao empregar um conteúdo na resolução de um problema específico.

A ideia de propor um Perfil de Nível de Mediação Externa advém das construções de Bachelard (1985) e Mortimer (1995), que estudam a resolução de problemas científicos com os Perfis Epistemológico e Conceitual, respectivamente. Para tanto, as contribuições dos dois últimos autores citados estarão presentes neste capítulo.

3.1 TEORIA DA MEDIAÇÃO COGNITIVA EM REDE (TMC)

O referencial teórico da TMC foi originalmente idealizado em 2000 e concebido em 2004, ou seja, perto de 20 anos atrás. Nas áreas de psicologia cognitiva e ensino de ciências, entende-se que determinadas afirmações necessitam de alguma revisão, não nos princípios do referencial, e sim em algumas considerações de cunho deterministas, relativizadas após quase duas décadas de pesquisa em ciências cognitivas.

A Teoria da Mediação Cognitiva em Rede (TMC) de Souza (2004), (SOUZA et al., 2012), é uma abordagem à inteligência humana que tenta entender as mudanças cognitivas associados ao surgimento e disseminação de tecnologias de informação e comunicação ao longo das últimas décadas. De acordo com a TMC, a cognição consiste em um fenômeno de processamento de informações, o qual se dá em boa parte fora do cérebro. É uma teoria que relaciona as TICs com mudanças na cognição de forma qualitativa.

3.1.1 Revolução Digital

O advento da *internet* modificou diversas áreas da sociedade e é notório o crescente uso de aparelho eletrônicos, como *smartphones*, *notebooks* e *tablets* por pessoas de todas as idades e classes sociais. Naturalmente, as formas sobre como pensamos e fazemos educação também se modificou. A utilização de tecnologias vem modificando as nossas interações e comunicações.

De acordo com os resultados da pesquisa TIC Domicílios (2020), realizada pelo Centro Regional para o Desenvolvimento de Estudos sobre a Sociedade da Informação (Cetic.br¹), a pandemia de COVID-19 ocasionou um aumento, ainda maior, na demanda por *internet* nos domicílios, assim como a um aumento da proporção de usuários de *internet* e das atividades realizadas on-line.

Houve um acréscimo de 12 pontos percentuais em relação a 2019 (71%), “[...] em 2020, a proporção de domicílios com acesso à *Internet* chegou a 83%, o que representa cerca de 61,8 milhões de domicílios com algum tipo de conexão à rede” (CETIC, 2020). O telefone celular continuou sendo o principal dispositivo utilizado para acessar a rede, atingindo quase o total da população usuária de *internet* com dez anos ou mais (99% - mesmo valor registrado em 2019).

Para Souza (2004), essa maior quantidade e disponibilidade de conhecimento de acesso fácil, resultante da Revolução Digital, vem acompanhada da necessidade, por parte das pessoas, criar conceitos e habilidades a partir dos quais se possa lidar com essa enorme massa de dados, informações, modelos e teorias. Através de toda conectividade e acessos a informação, o autor defende um possível crescimento cognitivo dos indivíduos ao interagirem com *hardwares* e *softwares*. O que significa, que as formas de pensamento dos alunos imensos na Revolução Digital se diferenciam das maneiras de pensar daquelas que não tiveram interação com as tecnologias.

Conforme Souza (2004), os processos de pensamento são moldados por Mediação com o meio e essa Mediação vai mudando a própria cultura destes grupos. Nesse sentido, o papel da tecnologia da informação (TI) no pensamento humano pode ser considerado uma nova forma de Mediação cognitiva com um alcance mais complexo do que as modalidades anteriores, como a Mediação Cultural. Tem-se então, um cenário desenvolvido a partir da Revolução Digital, no qual o autor expressa a existência de uma Hipercultura.

¹ Dados disponíveis em: <https://cetic.br/pt/pesquisa/educacao/> Acesso em: 30 de dezembro de 2021.

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 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).

A respeito dos impactos da tecnologia sobre a sociedade e a cultura, Lévy (1997, p. 19) aponta que tradicionalmente se compara a tecnologia “a um projétil (pedra, obus, míssil?) e a cultura ou a sociedade a um alvo ambulante [...]”, e já acrescenta que “essa metáfora bélica é criticável em vários sentidos”, lembrando que “não só as técnicas são imaginadas, fabricadas e reinterpretadas durante seu uso pelos homens, como também é o próprio uso intensivo das ferramentas que constitui a humanidade como tal”.

Neste sentido, tem-se uma visão de que não há uma relação e causa e efeito, pois, para Lévy (1997, p. 21), “as verdadeiras relações não se travam, portanto, entre ‘a’ tecnologia (que seria de ordem da causa) e ‘a’ cultura (que sofreria os efeitos), mas entre uma multidão de agentes humanos que inventam, produzem, utilizam e interpretam diversamente as técnicas”. Neste ponto o autor lança a questão que ele mesmo responde:

Seria a tecnologia um ator autônomo, separado da sociedade e da cultura, que seriam apenas entidades passivas percutidas por um agente exterior? Defendo, ao contrário, que a técnica é um ângulo de análise dos sistemas sociotécnicos globais, um ponto de vista que enfatiza a parte material e artificial dos fenômenos humanos, e não uma entidade real, que existiria independentemente do resto, que teria efeitos distintos e agiria por vontade própria (LÉVY, 1997, p. 20).

Essa perspectiva advinda das reflexões de Lévy vai ao encontro da ideia de Hiper cultura, onde a tecnologia tanto transforma a sociedade como é transformada por ela, em uma relação essencialmente dialética.

Ao mesmo tempo que um novo recurso surge como forma de Mediação, que permite ampliar as capacidades do indivíduo, esse indivíduo precisa desenvolver competências para poder utilizar esse tipo de Mediação e processar informações. Essas competências técnicas e conhecimentos são os mecanismos internos, chamados *drivers*, que possibilitam a criação e/ou modificação de representações mentais. Portanto, aplicativos atuam como mediadores digitais possibilitando a criação de imagens mentais na estrutura cognitiva do indivíduo.

Considerando as TIC como aspectos que fundamentam a Hiper cultura, “é de se esperar que o pensamento associado a ela apresente lógicas e formas de representação análogas a tais tecnologias” (SOUZA, 2004, p.85). De forma que, o “Pensamento Hiper cultural” precisa ser caracterizado por representações visuais, lógicas matemático-científica, elaboradas formas de classificação e ordenamento, estratégias eficazes para a seleção do que é essencial, algoritmos para processar grandes conjuntos de informações.

Conforme constatado por Souza (2004), em seu estudo com participantes do ENEM 2000, a Revolução Digital está relacionada com mudanças socioculturais e psicológicas da geração de pessoas familiarizadas com a Hiper cultura, apresentando um novo perfil. O surgimento da Hiper cultura está conectado com a criação de novas formas de pensar, que acarretam ganhos cognitivos, conforme a Teoria da Mediação Cognitiva.

3.1.2 Fundamentação da TMC

A TMC é uma teoria contextualista, construtivista, que visa proporcionar uma abordagem ampla para a cognição humana e está fundamentada nas teorias de Jean Piaget, Gérard Vergnaud, Lev Semenovitch Vygotsky e Robert Sternberg. Uma instigação da teoria é o de “[...] fornece uma síntese teórica coerente de teorias psicológicas e estruturais que são geralmente vistas como separadas, ou mesmo em conflito umas com as outras, de modo a produzir um modelo unificado” (SOUZA, et al., 2012, p.2). Portanto, a abordagem busca articular essas outras teorias psicológicas e estruturais – geralmente vistas separadamente – de uma forma coerente.

Conforme foi mencionado anteriormente, a TMC compreende a necessidade de utilização de tecnologias como ferramentas externas ao pensamento dos indivíduos, já que o cérebro pode ser considerado como limitado para processar todas as informações. Souza (2004), sugere que o cérebro humano, bem como os órgãos sensoriais, não tem poder suficiente de processamento dos fenômenos e situações experienciadas por um indivíduo. Sendo assim, a pessoa que executar alguma tarefa mental, passará a incorporar outros mecanismos, como armazenamento e manipulação de dados, e isso ocupa um “espaço” na memória humana. O recurso é o ser humano expandir a sua capacidade cognitiva por meio de um processamento extracerebral de informações. O que entendemos como otimização.

Sabendo-se que o córtex cerebral é limitado mas que a humanidade superou tais limites, deduz-se que a expansão da capacidade cognitiva dos seres humanos se dá

através de alguma forma de processamento extracerebral de informações (SOUZA, 2004, p. 58).

O ser humano utiliza esses agentes externos diariamente, tendo uma melhoria cognitiva, como, por exemplo, a anotação de lembretes, sejam eles em papel, ou até mesmo por notas no celular, sendo o primeiro um recurso mais primitivo, enquanto o último faz parte das TIC ou a própria agenda do celular. Através da utilização dessas ferramentas externas de processamento, o indivíduo consegue “liberar” memória para a realização de atividades.

Os indivíduos irão adquirir conhecimentos acerca de algum objeto através da interação com ele e/ou com o auxílio de estruturas que possibilitem o processamento externo a seus cérebros. Essa capacidade que permite ao ser humano evoluir, podendo administrar e aplicar seus conhecimentos a seu favor.

Portanto, a TMC é uma teoria fundamentada em cinco premissas relativas à cognição humana e ao processamento de dados:

[...] 1) A espécie humana tem como maior vantagem evolutiva a capacidade de gerar, armazenar, recuperar, manipular e aplicar o conhecimento de várias maneiras; 2) Cognição humana é efetivamente o resultado de algum tipo de processamento de informação; 3) Sozinho, o cérebro humano constitui um finito e, em última instância, insatisfatório, recurso de processamento de informação; 4) Praticamente qualquer sistema físico organizado é capaz de executar operações lógicas em algum grau; 5) Seres humanos complementam o processamento da informação cerebral por interação com os sistemas físicos externos organizados. (SOUZA et al., 2012, p.2, tradução nossa).

Associando os itens citados acima, tem-se a perspectiva da cognição humana, construída através do resultado de processamentos de informações que recorrem à interação com estruturas do ambiente buscando potencializar essa capacidade de se processar informações, o processamento externo. Sendo assim, a TMC apresenta a Mediação e o Processamento Extracerebral de Informações como mecanismos que auxiliam no processamento cognitivo.

3.1.3 Mecanismos e as Quatro Mediações

Viu-se que a TMC aborda a Mediação e o Processamento Extracerebral de Informações como os recursos que irão auxiliar na cognição. Nesse sentido, o autor apresenta

conceitos – de seu próprio referencial teórico – como “mecanismos externos de Mediação” e “mecanismos internos de Mediação”, para diferenciar o que seria a cognição externa ao cérebro.

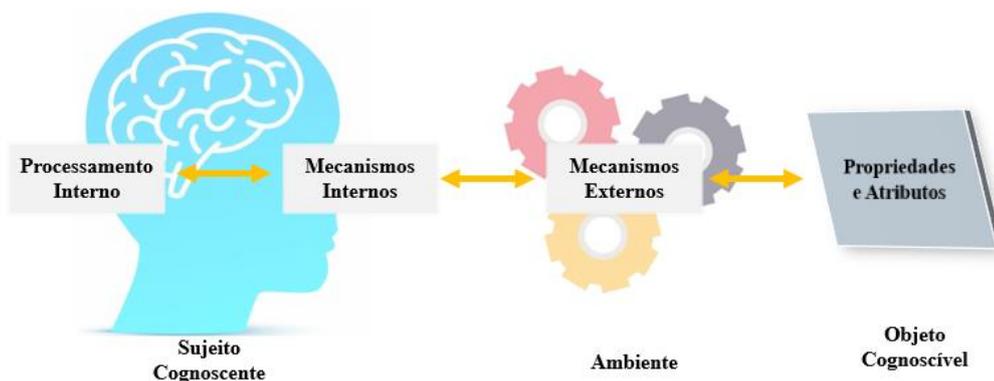
Nas fundamentações da TMC, os mecanismos externos de Mediação são todos os recursos externos ao cérebro que o indivíduo irá utilizar na tentativa de “ampliar sua capacidade cognitiva” (SOUZA, 2004, p. 57). Por outro lado, os mecanismos internos de Mediação desenvolvem-se ao longo do tempo através da interação e necessidade da utilização dos mecanismos externos.

Conforme o autor “O processo pelo qual os seres humanos dependem de estruturas externas, a fim de complementar o processamento de informações feito por seus cérebros (cognição extracerebral) é chamado pela TMC de Mediação” (SOUZA et al., 2012, p.2, tradução nossa). Para tanto, existem componentes envolvidos no processo de Mediação:

- Objeto: o item físico, problema/situação e/ou relação, algo sobre o qual o indivíduo está tentando construir conhecimento;
- Processamento Interno: atividade cerebral fisiológica que executa as operações lógicas básicas individuais;
- Mecanismos Internos: estrutura mental do indivíduo que gerencia algoritmos, códigos e dados permitindo a conexão, é a interação e integração entre o processamento interno e o processamento extracerebral, trabalhando tanto como um “*driver de hardware*” como um “protocolo de rede”;
- Mecanismos Externos: entre vários tipos e capacidades, desde simples objetos físicos a atividades sociais complexas, sistemas simbólicos e ferramentas/artefatos.

A figura abaixo apresenta uma síntese de ocorre o processamento cognitivo ao interagir com mecanismos externos para aumento da capacidade do processamento de informações de um indivíduo. O processamento, então, é realizado por meio de estruturas do ambiente.

Figura 1 - Processamento cognitivo por Mediação externa.



Fonte: Adaptado de Souza (2004).

Para interagir com os objetos do ambiente, o indivíduo necessita de certas habilidades que permitam o manuseio desses objetos. Dessa forma, com a utilização de algum mecanismo externo de Mediação aparece a necessidade de se desenvolver mecanismos internos que viabilizem a compreensão do funcionamento e das informações que são fornecidas pela Mediação.

Conforme Souza (2004, p. 65) “[...] tais elementos [extracerebrais] só poderão efetivamente ser de utilidade para um indivíduo, se este dispuser de uma forma de interagir eficazmente com eles, segundo a necessidade e de modo adequado”, ou seja, é necessário que a estrutura interna do indivíduo compreenda o processamento do que está sendo realizado. Os chamados *drivers* são estes mecanismos internos que possibilitam essa interação com mecanismos externos.

Por exemplo, quando utilizamos um computador ou celular para processar informações, ou mesmo realizar um cálculo mais complexo, estamos utilizando-o como um mecanismo externo de Mediação. Para tanto, precisamos construir alguns mecanismos internos que nos possibilite manusear este aparelho e compreender não somente o seu funcionamento, mas também as informações que ele está nos oferecendo. Estes mecanismos internos é que tomam possível a utilização dos mecanismos externos e funcionam, cognitivamente, como máquinas virtuais (ou *drivers*), tecendo uma analogia à computação, os quais se desenvolvem a partir da interação entre indivíduo e o mecanismo externo de processamento de informações.

Os *drivers* são considerados como máquinas virtuais que irão contribuir para que o sujeito – o estudante – resolva novas situações-problema. São os mecanismos internos que irão viabilizar a utilização e aplicação dos mecanismos externos. Sendo assim, a Mediação depende diretamente dos *drivers*.

[...] a Mediação cognitiva ocorre 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).

É por meio da utilização de mecanismos externos presentes nestas diferentes Mediações que os estudantes irão desenvolver representações mentais e *drivers* diferenciados, os quais poderão potencializar o aprendizado; o que para a pesquisa toma a forma da construção destas representações, capazes de auxiliar os estudantes a resolverem problemas. Trabalhos

anteriores sugerem o aporte teórico da TMC por apresentar a Mediação e o Processamento Extracerebral de Informações como mecanismos que auxiliam no processamento cognitivo ao desenvolver atividades sobre o átomo de Bohr (FREITAS, 2019) ou em compreender conceitos fundamentais da Mecânica Quântica (TREVISAN, 2018).

Conforme explanado, de acordo com as ideias da TMC, o cérebro humano necessita de auxílio para processar todas as informações dispostas. Portanto, o ser humano utiliza recursos externos de Mediação para ampliar a sua capacidade cognitiva de processamento de informações. Souza (2004) discute que essa interação para complementar a capacidade do indivíduo pode ocorrer mediante quatro Mediações: Psicofísica, Social, Cultural e Hipercultural.

Mediação Psicofísica: Caracterizada como a forma mais básica de Mediação cognitiva é aquela na qual o indivíduo tem sua interação com os objetos do ambiente condicionada ao seu instinto, ou seja, relacionando as características fisiológicas da pessoa com a composição do objeto, bem como a posição espacial de ambos e da natureza do ambiente. Conforme Souza (2004):

Quando os mecanismos externos de Mediação se resumem a 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 sensorio motores, pode-se chamar a isso de Mediação Psicofísica (SOUZA, 2004, p. 72).

O processamento extracerebral, via Mediação Psicofísica, considera as situações em que os componentes materiais do ambiente fornecem uma percepção mais eficiente. Souza (2004) cita 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. Outra situação exemplo é a de um indivíduo eleger um local específico de sua casa e lá colocar as chaves do seu veículo, ou da sua própria casa, para que elas sejam encontradas facilmente no momento de sair para o trabalho. Nessa situação, o indivíduo faz uso do processamento externo, psicofísico, para auxiliá-lo em sua memória. 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.

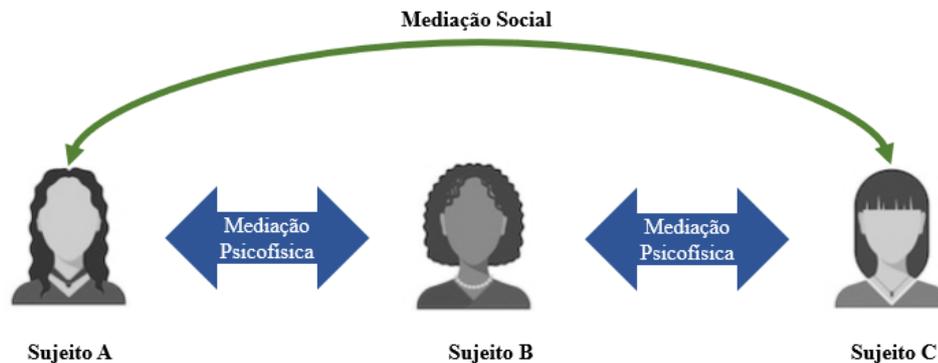
Mediação Social: Ao colocar diversos indivíduos em um determinado ambiente, em algum momento, vai ocorrer uma interação entre eles. Os seres humanos são uma espécie que vive em grupos, padrões são desenvolvidos e tornam-se característicos nesses grupos. Assim, os indivíduos interagem entre eles e, portanto, a percepção do ambiente não se torna individual,

mas influenciada pelas percepções dos demais integrantes do grupo. Ou seja, eles respondem uns ao comportamento dos outros em determinadas situações.

A Mediação Social ocorre pela interação direta ou indireta entre os indivíduos, podendo também acontecer por meio de outras Mediações. De forma que, indivíduos indica diferentes tipos de situações, que são interpretadas pelos outros indivíduos.

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.

Figura 2 - Ilustração sobre a Mediação Social



Fonte: Adaptação de Souza (2004)

A interação em grupo possui o potencial de ampliar o alcance perceptivo de todos os membros. Com isso, pode-se determinar que a convivência Social de um grupo influenciará na geração ou modificação de *drivers* sociais, contribuindo para o desenvolvimento cognitivo dos integrantes

Mediação Cultural: No convívio Social, quanto mais duradoura for a existência do grupo, existe uma tendência de melhora nas estruturas cognitivas do indivíduo, tornando as interações entre o grupo diversificadas. Isto leva ao desenvolvimento de formas mais complexas de comunicação, surgindo, por exemplo, a linguagem na forma de fala e, posteriormente, a escrita. Tornando-se possível, então, o registro de informações e acontecimentos.

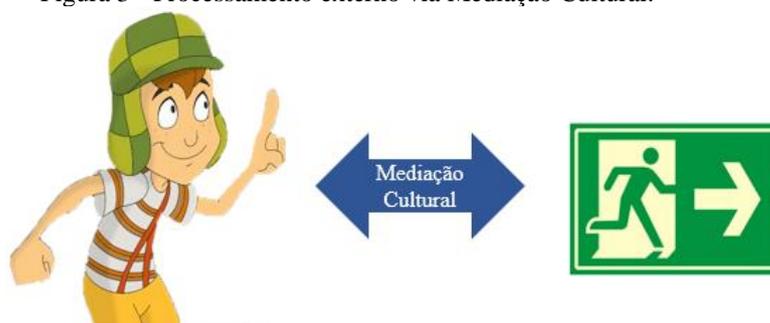
A Mediação Cultural, por sua vez, refere-se ao uso da linguagem e seus desdobramentos – escrita, imagens etc. Implicando na capacidade de a sociedade relatar experiências e acontecimentos. Desta forma, a linguagem e sua organização textual contêm uma lógica própria envolvendo categorizações complexas de ideias e conceitos, levando a práticas sociais cada vez mais sofisticadas, conforme o seu avanço Cultural. Sendo que, conforme Souza

(2004, p.78), “[...] o conjunto de todos esses fatores e dos seus inúmeros desdobramentos compõe aquilo que se convencionou chamar de "cultura””.

Pode-se citar os seguintes exemplos de processamento externo de informação, via Mediação Cultural: placas de trânsito, que auxiliam motoristas em rodovias ou *emojis* que são utilizados em diversos aplicativos, podendo expressar ideias completas. A partir das particularidades de uma cultura, “Sob o ponto de vista do processamento de informação a nível individual, através de uma cultura tem-se uma superestrutura extracerebral capaz de realizar operações de percepção, memória, categorização e aprendizagem” (SOUZA, 2004, p.78)

Uma pessoa, ao entrar em um estabelecimento, se depara com uma placa na qual contém apenas uma imagem (ver figura 3), possivelmente esse indivíduo saberá que, se acontecer algum imprevisto, poderá sair pela “saída de emergência”, tomando assim as devidas condutas. Esta imagem relacionada à “saída” foi construída Culturalmente, devido a isso, o sujeito pode processar uma informação externa através da Mediação Cultural, sem a necessidade de alguém avisá-lo, por exemplo.

Figura 3 - Processamento externo via Mediação Cultural.



Fonte: A pesquisa.

Mediação Hiper-cultural: Com o avanço da era digital, caracterizada pela crescente facilidade de acesso à tecnologia, cenário que recorda o que já fora mencionado anteriormente em relação à revolução digital e ao surgimento de uma Hiper-cultura. Essas transformações no acesso ao computador e a web levaram a mudanças significativas nas relações de produção, na sociedade e na cultura. A partir dela, surgem novos mecanismos externos de Mediação, bem como os *drivers* assumem novas competências necessárias para essa Mediação Hiper-cultural.

[...] todas as recentes habilidades, competências, conceitos, modos de agir, funcionalidade e mudanças socioculturais ligadas ao uso de computadores e da *Internet* constituem um conjunto de fatores que difere substancialmente daquilo que tradicionalmente se percebe como constituindo “Mundo”, “Sociedade” e “Cultura”,

sendo, portanto, uma etapa adicional da evolução cognitiva da humanidade (SOUZA, 2006, p.156).

Conforme a TMC, o surgimento da hipercultura acarreta novas formas de interação entre grupos sociais e tecnologias. Ela interfere nos mecanismos internos e externos utilizados pelos indivíduos para processar informações, o que influencia nos fenômenos cognitivos. Ideias contempladas, também, na definição de cibercultura, proposta por Lévy (1999) “o conjunto de técnicas (materiais e intelectuais), de práticas, de atitudes, de modos de pensamento e de valores que se desenvolvem juntamente com o crescimento do ciberespaço”. Sendo que o ciberespaço:

“[...] é o meio de comunicação que surge da interconexão mundial dos computadores. Como outros meios de comunicação, o ciberespaço deve ser concebido não apenas como uma infraestrutura material ou suporte tecnológico, mas como um conjunto de informações e de usuários que habitam esse espaço e o alimentam de informações.” (LÉVY, 1999, pg. 14).

Aplicativos e simuladores virtuais atuam como mediadores Hiperculturais com o propósito de desenvolver novas representações mentais (teoremas-em-ação) e *drivers* no cognitivo do indivíduo, com a finalidade de proporcionar uma aprendizagem significativa dos conceitos abordados. A Mediação Hipercultural consiste no uso de ferramentas tecnológicas responsáveis por realizarem processamentos externos de informação, interagindo com os mecanismos internos de processamento e, como consequência, modificando a estrutura cognitiva do indivíduo.

3.1.4 Evolução das formas de Mediação Cognitiva

Conforme a TMC o processamento externo se dará quando o indivíduo interagir com algum dos quatro tipos de Mediação. Percebe-se uma sucessão nas formas de Mediação, conforme elas surgiram tendo-se uma visão da evolução cognitiva da sociedade. O quadro apresenta essa ideia.

Quadro 2 - Evolução das quatro Mediações da TMC.

Forma de Mediação	Mecanismos Externos	Mecanismos Internos	Processamento Extracerebral
<i>Psicofísica</i>	Física do objeto e do ambiente	Sistemas sensoriais	Percepção
<i>Social</i>	Interação entre indivíduos	Habilidades sociais	Percepção e memória

<i>Cultural</i>	Sistemas simbólicos e artefatos	Conhecimento tradicional e/ou formal	Percepção, memória, categorização e aprendizagem
<i>Hipercultural</i>	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).

Percebe-se a crescente complexidade dos mecanismos de Mediação, bem como o processamento extracerebral envolvido. Souza (2004) estabelece que em uma Mediação mais complexa, a anterior – menos complexa – está englobada, ao concluir que: “[...] cada novo passo representa uma verdadeira revolução cognitiva, uma enorme expansão quantitativa e qualitativa no alcance da mente humana”. Portanto, a Mediação Hipercultural irá compreender as Mediações Cultural, Social e Psicofísica, enquanto a Mediação Psicofísica seria a única que interage sozinha.

Sobre as modificações advindas do uso das tecnologias, Lévy (1997, p. 173) aponta que:

“O uso crescente das tecnologias digitais e das redes de comunicação interativa acompanha e amplifica uma profunda mutação na relação com o saber, cujas linhas gerais tentei esboçar no capítulo anterior. Ao prolongar determinadas capacidades cognitivas humanas (memória, imaginação, percepção), as tecnologias intelectuais com suporte digital redefinem seu alcance, seu significado, e algumas vezes até mesmo sua natureza. As novas possibilidades de criação coletiva distribuída, aprendizagem cooperativa e colaboração em rede oferecidas pelo ciberespaço colocam novamente em questão o funcionamento das instituições e os modos habituais de divisão do trabalho, tanto nas empresas como nas escolas”.

E que (LÉVY, 1997, p. 173):

“Não se trata [...] de usar as tecnologias a qualquer custo, mas sim de acompanhar consciente e deliberadamente uma mudança de civilização que questiona profundamente as formas institucionais, as mentalidades e a cultura dos sistemas educacionais tradicionais e sobretudo os papéis de professor e de aluno”.

Na pesquisa aqui apresentada, busca-se identificar quais as Mediações que facilitaram a produção de imagens mentais nos estudantes, durante a resolução dos exercícios propostos. É natural que cada indivíduo, ao resolver um problema qualquer, utilize não apenas uma, e sim várias Mediações diferentes que se entrelaçam e compõem o repertório de imagens mentais e *drivers* que a pessoa utiliza para resolver o problema. Como é abordado na contribuição de

Meggiolaro (2019) na qual a autora sugere que os alunos utilizam vários níveis de Mediações ao relatar um único conceito, por exemplo:

Na discussão do vetor campo elétrico resultante, onde é uma soma vetorial exercida por todas as cargas, concluímos que os cinco alunos apontaram que o uso combinado do mecanismo externo da Mediação Social, Cultural e Hiper-cultural fornece subsídios para as representações e drivers adquiridos referente aos cadernos, exercícios, aulas e à simulação computacional no GeoGebra. As simulações computacionais atuaram como mediadores Hiper-culturais, com a finalidade de criar novas representações mentais (teoremas-em-ação) e drivers no cognitivo do indivíduo, proporcionando uma aprendizagem dos conceitos abordados. (MEGGIOLARO, 2019, p.153)

Por fim, nota-se que a revisão deste referencial teórico, TMC (SOUZA, 2004), é necessária, porém, fora do escopo de uma dissertação de mestrado. Para isso, em desenvolvimentos futuros a teoria deve ser revista.

3.2 CONSTRUÇÃO EXPLORATÓRIA DO PERFIL DE NÍVEL DE MEDIAÇÃO EXTERNA

Assim como no estudo de Meggiolaro (2019), citada anteriormente, durante as análises da presente pesquisa, percebeu-se que as imagens mentais que povoavam a estrutura cognitiva do estudante eram oriundas de diferentes níveis de Mediação (Psicofísica, Social, Cultural e/ou Hiper-cultural). Ou seja, ao explicar as respostas relatadas nos testes os estudantes mencionavam mecanismos externos provenientes de diferentes Mediações, e não de um único nível de Mediação. Pode-se fazer uma analogia de tal forma que para a construção do conceito por parte do estudante, um mosaico de diferentes representações e *drivers* são utilizados, onde diferentes facetas do conceito tornam determinadas e específicas representações mais evidentes na sua estrutura cognitiva.

Observando a diversidade de Mediações que os participantes utilizavam para revolver um problema, conjecturou-se a construção exploratória de um Perfil de Nível de Mediação Externa para cada aluno, sobre um determinado conceito. Este Perfil indicaria quais níveis de Mediação são preferencialmente utilizados pelo mesmo, ao empregar um conteúdo na resolução de um problema específico.

A ideia de traçar este Perfil provém das construções propostas por Bachelard (1985) e Mortimer (1995), que estudam a resolução de problemas científicos com os Perfis Epistemológico e Conceitual, respectivamente. Para Bachelard (1991):

Diversas escolas filosóficas e posturas epistemológicas tomadas pelo sujeito ao construir o conceito de determinado conteúdo. Sendo que, uma única conduta filosófica não seria suficiente para expressar as diferentes formas de pensar quando se tenta apresentar e explicar um simples conceito (BACHELARD, 1991).

Durante a análise, notou-se, também, que as experiências anteriores dos estudantes interferiam no nível de Mediação utilizado. Segundo Mortimer (2000) “as ideias prévias dos estudantes desempenham um papel fundamental no processo de aprendizagem” (MORTIMER, 2000). Dado este cenário, optou-se em delinear um tipo de representação exploratória, o perfil, que pudesse ser utilizado como instrumento de análise e uma ferramenta epistemológica consolidada em estudos futuros.

3.2.1 Perfil Epistemológico

Em diferentes realidades e contextos existirão diferentes tipos de conhecimentos, ou seja, um único conceito pode ter diferentes interpretações em diferentes situações.

Um conceito por si só foi suficiente para *dispersar* as filosofias e mostrar que a incompletude de algumas filosofias era atribuível ao fato de que elas se apoiavam sobre um aspecto, clarificavam exclusivamente uma faceta do conceito (BACHELARD 1968, p. 34, *tradução nossa*).

Bachelard, G. (1985, 1991) apresenta em suas obras, como “O Novo Espírito Científico” (1985) e “A Filosofia do Não” (1991) a necessidade de mostrar que diferentes filosofias podem estar presentes na mesma acepção de um conceito, ainda que algumas delas sejam, conscientemente, consideradas inadequadas para caracterizar determinada noção do conhecimento científico. Para isso, Bachelard (1991) expõe ideias vinculadas ao termo por ele denominado como “perfil epistemológico”, que caracteriza justamente as diversas escolas filosóficas e posturas de natureza epistemológica dos sujeitos. Isto é, essa pluralidade representa diferentes formas de ver e representar a realidade, tanto para o mesmo sujeito em relação a um conceito científico, quanto para um mesmo conceito em diferentes contextos históricos.

Bachelard exhibe a proposta de que os conceitos se encontram, no seu curso de desenvolvimento, um tanto presos a alguns pontos de vistas filosóficos (animista, realista, empirista, racionalista) dependendo do seu estágio de maturidade. Ou seja, um estudante pode apresentar diversas representações ou formas de ver a realidade sobre um conceito científico. Sendo que, as correntes filosóficas, para cada estudante, são traçadas de acordo com a evidência do grau de importância ao expressar a frequência de utilização efetiva da noção dos conceitos trabalhados. Diante desse perfil, inferências podem ser traçadas com o intuito de apontar as filosofias que se destacam no processo de definição do determinado conceito escolhido, sendo que esse perfil epistemológico, de acordo com Bachelard (1991, p.25), “[...] deve sempre referir-se a um conceito designado, de ele apenas ser válido para um espírito particular que se examina num estágio particular da sua cultura”.

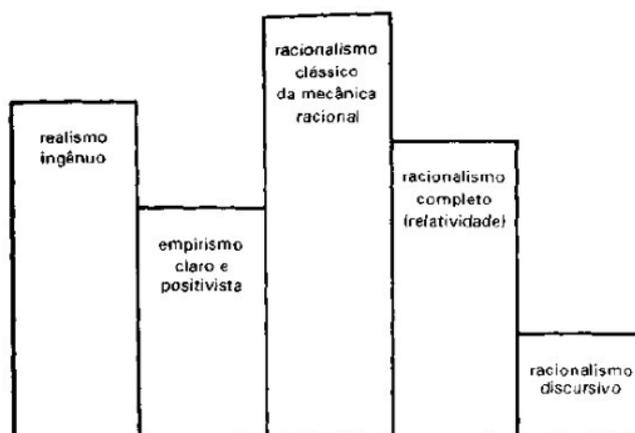
Em sua obra “A Filosofia do Não” (1991), Bachelard apresenta suas ideias que culminam no termo cunhado como “perfil epistemológico”, utilizando, para tanto, dois exemplos constituídos por duas construções gráficas, as quais permitem ao autor traçar e analisar o seu perfil epistemológico pessoal acerca da definição do conceito de massa e energia.

Figura 4 - Perfil epistemológico da noção pessoal de massa



Fonte: Bachelard, 1991, p. 2.

Figura 5 - Perfil epistemológico da noção pessoal de energia



Fonte: Bachelard, 1991, p. 27.

Ao apresentar os gráficos para seu perfil epistemológico acerca do conceito de massa e de energia, Bachelard não explica como obteve os valores para a frequência de utilização pessoal de cada noção. Apenas aponta a dificuldade de estabelecer estes valores, ao citar que:

[...] tentaremos então pôr grosseiramente em evidência a sua importância relativa colocando em abcissas as filosofias sucessivas e em ordenadas um valor que - se pudesse ser exato - mediria a frequência de utilização efetiva da noção, a importância relativa de nossas convicções. Com uma certa reserva relativamente a esta medida muito grosseira, obtemos então o nosso perfil epistemológico. (BACHELARD, 1991, p.25)

Recorrendo as ideias de Bachelard a respeito do perfil epistemológico do participante, investigar-se, ao longo da pesquisa, as Mediações que prevalecem na estrutura cognitiva do estudante ao desenvolver atividades de espectroscopia, após a interação dos estudantes com diferentes ferramentas extracerebrais.

3.2.2 Perfil Conceitual

A partir das ideias de Bachelard, surge a noção de perfil conceitual de Mortimer (1995, 2000), em que um único conceito pode estar disperso em diferentes zonas que correspondem as diversas maneiras de ver, representar e significar o mundo, de maneira que, qualquer pessoa pode possuir mais de uma forma de compreensão da realidade, que poderá ser usada em contextos apropriados. O perfil conceitual pode se constituir num instrumento para planejamento e análise do ensino de Ciências. A partir dele, obstáculos à aprendizagem dos

conceitos podem ser identificados e trabalhados em sala de aula numa visão de aprendizagem de ciências como mudança de perfis conceituais, onde o aluno não necessariamente precisa abandonar as suas concepções ao aprender novas ideias científicas, mas tornar-se consciente dessas diversas zonas e da relação entre elas. Para o autor “as ideias prévias dos estudantes desempenham um papel fundamental no processo de aprendizagem” (MORTIMER, 2000).

Mortimer (1995) aplicou a noção de perfil conceitual a dois conceitos relacionados à teoria da matéria: a concepção atomística e os estados físicos. Nesses trabalhos, o autor analisou os obstáculos surgidos a partir de cada zona do perfil que foi estabelecida, o que permite descrever o processo de formação de conceitos, em salas de aula de ciências, numa forma que é coerente com a ideia de que diferentes pontos de vista podem ser complementares. Cada zona em um perfil conceitual oferece uma maneira de olhar o mundo que é única e diferente das outras zonas, o que corresponde a diferentes formas de Mediação, a diferentes teorias e linguagens, que traduzem o mundo em suas próprias formas. A realidade em si mesma não pode ser entendida inteiramente a partir de uma única perspectiva porque só uma visão complementar pode produzir um quadro completo. Mortimer afirma que “[...] minha intenção é construir um modelo para descrever a evolução das ideias, tanto no espaço Social da sala de aula como nos indivíduos, como consequência do processo de ensino” (MORTIMER, 1996).

Se tratando de uma pesquisa para o Ensino de Física, e que pode ser explorado em outras disciplinas da área de ciências da natureza, trazemos como exemplo uma pesquisa desenvolvida em 2005 com a proposta de um perfil conceitual para o conceito de massa (SANTOS; CARBÓ, 2005). Os pesquisadores adotaram o perfil conceitual de Mortimer (1995) para compreender as diferentes visões, simultâneas, da realidade de um único conceito. Com o intuito de identificar as representações do conceito de massa dos estudantes e as correspondentes mudanças ontológicas e epistemológicas necessárias para a mudança do perfil conceitual de um indivíduo, com relação a esse conceito.

Para a construção do perfil conceitual da investigação exemplificada, foi realizado um levantamento bibliográfico, envolvendo quatro perspectivas epistemológicas sobre o conceito de massa de diferentes autores, o que tornou possível a elaboração de uma matriz comparativa das perspectivas e, a partir dessa, emergiram seis (I, II, III, IV, V e VI) zonas do perfil conceitual. As zonas propostas foram aplicadas na construção de um teste escrito contendo quinze perguntas abertas destinadas a trinta e quatro alunos(as) da cadeira de Física I, comum ao primeiro ano de várias licenciaturas (principalmente engenharias) da ULBRA, campus de Canoas.

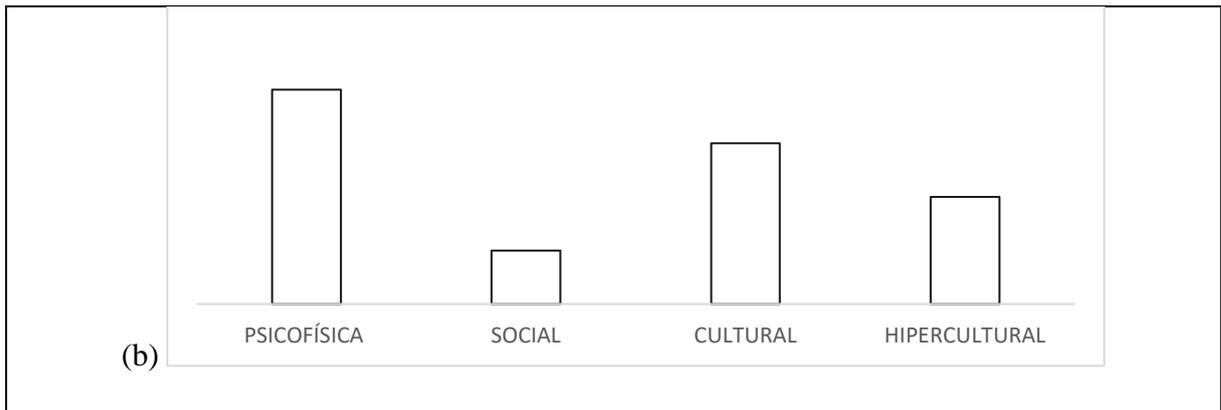
Como resultado, os autores verificaram as mudanças entre diferentes zonas, em um único estudante, para o mesmo conceito. Possibilitando a identificação das diversas representações do conceito de massa e as divergências ao responder o questionário. O perfil é diferente para cada participante porque embora as categorias (zonas) sejam as mesmas para um conceito, ele é fortemente influenciado pelas experiências distintas de cada aluno(a), uma concepção bastante similar ao que se pretende apresentar com esta pesquisa.

Usando as ideias de perfis dos autores Bachelard e Mortimer, construiu-se de forma exploratória o Perfil de Nível Mediação Externa, seguindo a TMC, para cada um dos conceitos que explanados pelos estudantes. O que possibilitou a visualização das Mediações (Psicofísica, Social, Cultural e Hiper-cultural) mais relevantes para a criação das imagens mentais que auxiliaram no entendimento dos temas, assim como, mostra-se as transições entre os mecanismos externos.

A noção de perfil conceitual compartilha algumas características com o perfil epistemológico, tais como a hierarquia entre diferentes zonas do perfil, sendo cada zona sucessiva, o perfil epistemológico inicia da filosofia ingênua para um pensamento científico e o perfil conceitual do mais antigo para o moderno. Isso também é proposto e organizado na pesquisa apresentada, visto que o Perfil de Nível de Mediação Externa parte do mecanismo psicofísico, sendo o primeiro a surgir através das interações com o ambiente, até o Hiper-cultural que é advindo da Revolução Digital, como mostra o Quadro 3 (b). No eixo das abcissas, são indicadas as Mediações sucessivas e, no eixo das ordenadas, um valor que corresponde à frequência efetiva com que tal Mediação é expressa pelo participante sobre cada conceito.

Quadro 3 - (a) Representação das hierarquias presentes nas construções dos perfis. (b) Exemplo do Perfil de Nível de Mediação Externa do participante A2.





Fonte: A pesquisa.

4 DELINEAMENTO METODOLÓGICO²

Neste capítulo é descrita a metodologia utilizada na pesquisa, fundamentando o grupo de procedimentos adotados para a produção da mesma. O capítulo está dividido em cinco partes, começando com uma apresentação do que havia sido, previamente, planejado e as mudanças necessárias com a ascensão da pandemia, seguindo para a descrição do teste piloto desenvolvido a partir das novas perspectivas de investigação, a caracterização do que foi realizado, continuando com a exposição das atividades, materiais e instrumentos desenvolvidos para a produção de dados e, por fim, a metodologia aplicada para a análise da pesquisa.

O conjunto de ações pensado inicialmente bem como sua influência nas adaptações da pesquisa são discutidos. A condução do teste piloto e sua importância para as modificações realizadas estão explanadas. As ferramentas e atividades desenvolvidas são descritas individualmente, sendo a utilização do *Google Classroom*, os Formulários/questionários, como o pré-teste e pós-teste, a apresentação de *slides* disponibilizada, os vídeos sugeridos, as duas simulações computacionais com roteiros de uso e o suporte para a confecção dos experimentos.

O procedimento adotado para convidar os estudantes, as conversas, dificuldades e desistências também são expostas ao longo do capítulo. A análise qualitativa foi desenvolvida com base nos resultados das entrevistas, que seguiram o protocolo *Report Aloud*, e, através das gravações em vídeo, foi realizada uma análise gestual descritiva combinada com o discurso verbal dos participantes.

² Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisas em Seres Humanos da Universidade Luterana do Brasil, via plataforma Brasil, sob o número do CAAE: 39990920.5.0000.5349.

4.1 A IDEIA INICIAL

A pesquisa foi planejada para ser realizada no Colégio Estadual Dr Wolfram Metzler, localizado na cidade de Novo Hamburgo, região metropolitana de Porto Alegre/RS, com início entre o segundo e terceiro trimestre de 2020. Conforme o IBGE (2021), estima-se a população em 247.303 pessoas na cidade de Novo Hamburgo, sendo a economia do município desenvolvida com a indústria do calçado.

As atividades idealizadas previam a participação de uma turma do terceiro ano do EM, aproximadamente 25 alunos, durante as aulas da disciplina de Física. Essas aulas ocorreriam em dois períodos semanais de 50 minutos cada, o que totalizam 100 minutos de aulas por semana. A previsão era de 6-7 períodos destinados à pesquisa. Vale ressaltar que a pesquisadora não atuava em sala de aula e a carta de anuência, assim como demais documentos, já estava assinada.

O procedimento metodológico da pesquisa foi desenhado para ser realizado durante cinco situações (que não precisavam necessariamente acontecer em dias separados), sendo o primeiro contato com a turma destinado a exposição do tema e perguntas relacionadas ao conteúdo (tentativa de verificar os conhecimentos pré existentes), prosseguindo para a realização do pré-teste antes de qualquer contato com o aplicativo ou materiais das atividades e, ainda na segunda situação, estava prevista uma aula expositiva dialogada sobre o assunto. Na terceira situação, os alunos utilizariam o aplicativo *SpectraUPB* nos seus aparelhos celulares e materiais dispostos para a etapa experimental, a expressão ‘BYOD’ (traga seu próprio dispositivo) estaria associada a esta fase.

As tarefas da terceira fase foram programadas com base em guias (roteiros) responsáveis por conduzir a utilização do aplicativo e arranjo experimental. O roteiro seguia a abordagem P.O.E (Predizer-Observar-Explicar), na qual os estudantes são chamados a predizer o comportamento de uma situação-problema ou de um experimento, observar o fenômeno e explicar possíveis diferenças entre suas concepções e o observado (WU et al., 2001). Ou seja, consiste em fazer com que os estudantes tentem prever o que ocorrerá antes de visualizar o aplicativo e descrevam o esperado que apareça na tela do celular. Em seguida, iniciam o aplicativo, calibram a fonte de luz observando o que acontece e, por fim, comparam o que esperavam que fosse acontecer com o que foi visualizado. Para esta situação, pensava-se em uma divisão entre as atividades de Emissão e de Absorção.

Em um próximo momento, estava conjecturado a aplicação do pós-teste, com questões semelhante e referentes ao conteúdo abordado no pré-teste e atividades com o celular. E, para

finalizar a produção de dados, a última situação consistia nas entrevistas individuais semiestruturadas, conduzidas segundo o protocolo *Report Aloud* (TREVISAN et al., 2019). Todas as etapas que foram realizadas serão abordadas de forma mais detalhada no decorrer do delineamento metodológico.

Acima caracteriza-se, brevemente, o planejamento inicial adotado para os procedimentos da investigação, que foi importante para as adaptações subsequentes ocasionadas pelo avanço da pandemia provocada pelo Coronavírus (COVID-19). As atividades propostas, em conjunto com os termos de consentimento livre e esclarecido e os termos de assentimento livre e esclarecido, precisaram ser modificadas e transferidas para uma plataforma online, adaptando-se ao sistema remoto.

Neste novo modelo, os participantes voluntários precisavam ser alunos do EM (segundos ou terceiros anos) e não representavam apenas uma escola (foram convidados discentes de diferentes colégios da região metropolitana), sendo os mesmos autorizados por seus responsáveis, esses notificados antecipadamente sobre a realização da pesquisa (tarefas desenvolvidas, coleta de dados e uso de imagem/voz). Apenas após a assinatura dos termos os estudantes iniciaram a realização das tarefas em seus domicílios, em constante contato (virtual) com a pesquisadora, com o objetivo de, ao final das atividades, confeccionar o aparato experimental e participar da entrevista.

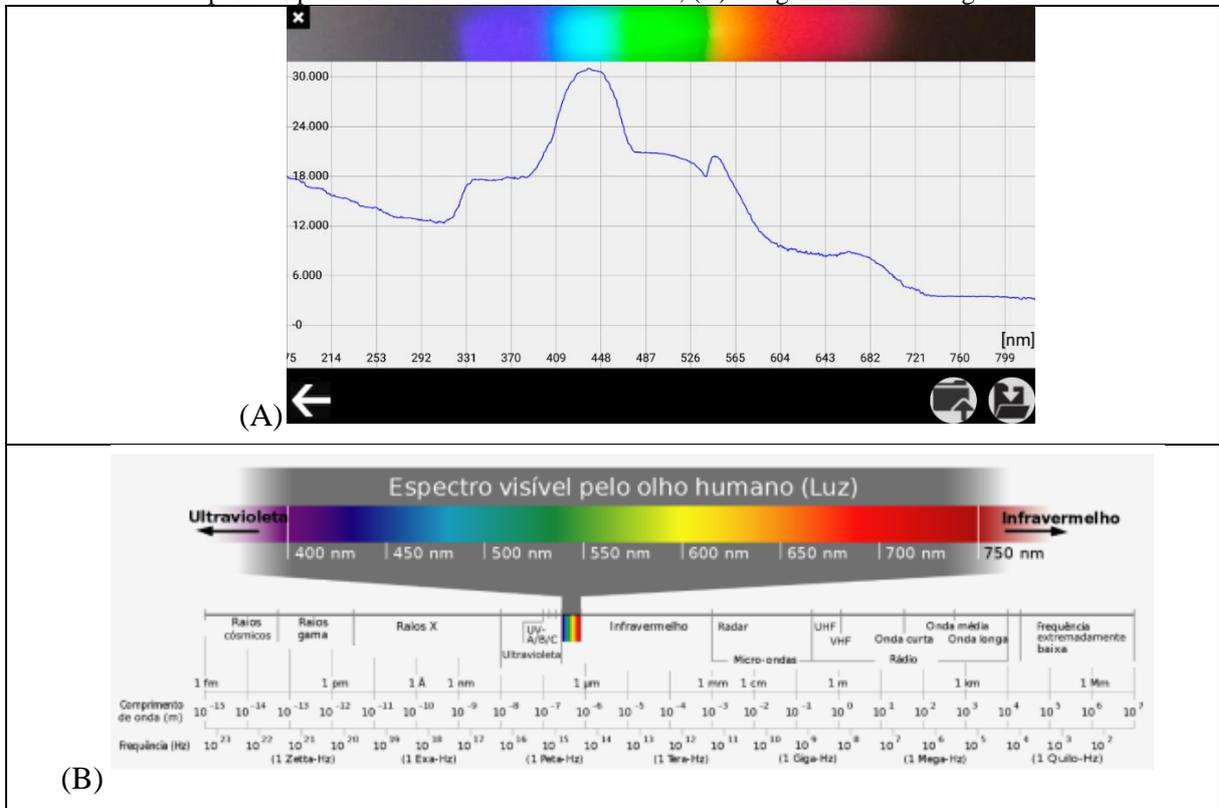
4.2 PILOTO

A fim de verificar a viabilidade das tarefas estipuladas para a investigação, um teste piloto foi aplicado. Este teste foi desenvolvido com um estudante do último ano do EM, intitulado aqui na pesquisa como AP (Aluno Piloto), entre o segundo e o terceiro trimestre de 2020. O estudante foi escolhido por ser um contato próximo da pesquisadora durante o período de pandemia. As preocupações estavam relacionadas com o acompanhamento das atividades remotas e, principalmente, a construção, visualização e interpretação dos dados do arranjo experimental.

Os resultados obtidos por AP, com relação ao espectrofotômetro, foram comparados com o que se tem na literatura, sendo bastante similares. Abaixo encontra-se um quadro com a imagem retirada da tela do celular de AP, enquanto realizava o experimento da luz branca, e a figura representando o espectro eletromagnético visível. Foi possível identificar a utilização de

simulações mentais pelo estudante ao resolver as questões, algumas delas oriundas da interação com os materiais utilizados e o aplicativo de celular.

Quadro 4 - (A) Tela do celular. As áreas marcadas em azul são proporcionais a intensidade da energia liberada por comprimento de onda da fonte utilizada; (B) Imagem retirada dos guias



Fonte: A pesquisa.

4.2.1 Atividades do teste piloto

O aluno convidado foi autorizado por seus responsáveis e dois dias após a assinatura dos termos iniciou as atividades da pesquisa de forma remota. Primeiramente, respondeu ao pré-teste, disponibilizado em PDF e no *Google Forms*, e em seguida a pesquisadora apresentou uma breve aula expositiva gravada, com o auxílio de *slides*, sobre conceitos relacionados com a luz. Após as explicações, o estudante teve contato com os guias, separados por Emissão e Absorção, e confeccionou seu arranjo experimental utilizando LEDs coloridos, corante de alimento e uma lâmpada incandescente.

Nos guias, AP descreveu suas previsões, observações e explicações de cada uma das situações propostas, assim como pode comparar os diferentes fenômenos e a visualização na tela do celular. Durante a atividade, a pesquisadora manteve contato via *WhatsApp* com o estudante, para eventuais dúvidas de montagem ou interpretação do aplicativo. Depois da etapa experimental, AP resolveu e entregou o pós-teste. A entrevista foi marcada após 3 dias de

finalização das atividades. Seguindo o protocolo *Report Aloud*, onde o estudante explica o que havia pensado e imaginado no momento que realizou cada tarefa, a entrevista foi gravada em vídeo e, posteriormente, explorada com base na análise gestual descritiva de Monaghan e Clement (1999). As tarefas, metodologias de entrevista e de análise das entrevistas serão descritas posteriormente.

4.2.2 Resultados do teste piloto

Um dos maiores desafios, agora, seria a construção de um experimento (real) conduzido e estudado no ambiente remoto. O teste piloto foi a base para o desenvolvimento de materiais auxiliares para a elaboração do experimento. Durante a entrevista, além das respostas referentes aos questionamentos do pré-teste e pós-teste, tinha-se um interesse maior em compreender a interpretação das imagens presentes na tela do celular, enquanto o fenômeno estava sendo observado por AP. Para tanto, foi separado alguns trechos das transcrições referentes aos guias.

Em um dos momentos, AP é questionado sobre o fenômeno observado utilizando a luz branca, no caso dele, a incandescente. A pesquisadora pontuou qual a imagem prevista por ele ao realizar a primeira atividade dos guias, AP respondeu que: “*Que no detector [#DT], a tela, por onde a luz branca passou, iria ver todas as cores, a decomposição [#DE] e iria aparecer várias cores, como um arco-íris*” (AP).

Figura 6 - A imagem ilustra o discurso do estudante que mostra, com os dedos, um objeto a sua frente, o detector. Imagem Estática. #DT



Fonte: A pesquisa.

Figura 7 - A imagem ilustra a decomposição da luz branca, ao passar pela grade de difração. Imagem Estática. #DE

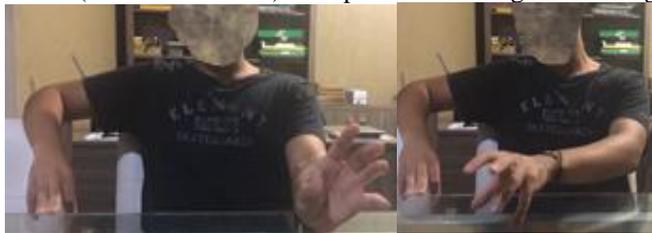


Fonte: A pesquisa

Percebe-se que o estudante foi capaz de reproduzir mentalmente a situação descrita, a sua interação com o aparato desenvolvido. Continuando a sua resposta, AP relata sobre o comprimento de onda visualizado:

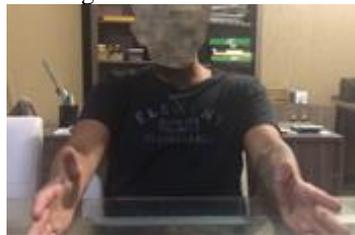
AP: [...] do azul mais curto do vermelho mais comprido [#CO], eles ficavam no extremo do visível [#EX] e no detector vimos ali que o azul ficava mais em cima e o vermelho do outro lado. Igual na imagem ilustrativa, ficava um em cada ponta [#AV].

Figura 8 - A sequência de imagens ilustra um movimento da esquerda para a direita, indicando os comprimentos de onda e onde se encontra cada cor (vermelho ou azul) no espectro eletromagnético. Imagem Dinâmica. #CO



Fonte: A pesquisa.

Figura 9 - A imagem ilustra o um espectro eletromagnético com as cores azul e vermelho no espaço entre as mãos. Imagem Estática. #EX.



Fonte: A pesquisa.

Figura 10 - A imagem ilustra o um espectro eletromagnético com as cores azul e vermelho nas pontas. Imagem Estática. #AV.



Fonte: A pesquisa.

O estudante compara o que visualizou na tela do celular com a imagem ilustrativa que estava presente nos guias das atividades (quadro 4 (B)), novamente, evidenciando a produção de imagens mentais através dos gestos produzidos. Em um outro momento da entrevista, AP é questionado sobre a utilização de LEDs de cores diferentes, o que ele imagina ao pensar em lâmpadas com cores distintas.

AP: Voltando a parte do espectro visível da luz, no detector, eu lembro, né, que o azul ficava no menor comprimento, seria o primeiro, e o verde ficava entre o azul e o vermelho [#PO]. E daí o verde ficava bem no meio, o vermelho na ponta do espectro visível de luz. Imagino o experimento mesmo, só lá não consegui calibrar para mostrar os valores certo.

Figura 11 - A sequência de imagens ilustra a posição das cores azul e verde quando visualizadas separadamente. Imagem Dinâmica. #PO.



Fonte: A pesquisa.

No trecho acima nota-se um discurso verbal e gestual voltado para o aplicativo, enquanto responde ao problema proposto, no qual o estudante consegue exibir mentalmente as posições das diferentes cores mostradas na tela do celular, mesmo não tendo acesso ao experimento durante a resolução desse problema. O gesto #PO (figura 11) é uma evidência dessa imagem mental povoando a estrutura cognitiva do estudante, ou seja, um *driver* desenvolvido a partir da interação do estudante com uma Mediação Hiper-cultural, conforme a TMC. Percebe-se, ao final da fala de AP, que o aluno não conseguiu calibrar o aplicativo para a etapa de emissão com os LEDs coloridos, o que foi anotado pela pesquisadora e, posteriormente, melhorado.

Para finalizar esta etapa, apresenta-se mais um trecho retirado da entrevista. Neste momento, o estudante precisava explicar o que imaginou ao responder uma das perguntas do pós-teste, relacionada com a luz – “Dada uma situação em que uma janela aberta permite a passagem de luz solar, a qual incide em uma parede. Explique, utilizando palavras e/ou desenhos, o que é luz?”.

AP: Quando li imaginei o Sol, a onda eletromagnética veio do Sol [#SOL] veio a onda com suas partículas até os objetos, tipo naquela parte dos corantes, bateu ali a onda no objeto. O objeto absorveu as cores e emitiu a que era mais conveniente [#RL], dependendo do elemento, né, que é feito.

Figura 12 - A imagem ilustra as ondas eletromagnéticas que vieram do Sol, atingindo os objetos. Imagem Estática. #SOL.



Fonte: A pesquisa.

Figura 13 - A imagem mostra a onda eletromagnética (mão aberta) que foram emitidos pelo objeto. Imagem estática. #RL



Fonte: A pesquisa.

Entende-se que o estudante conseguiu compreender os fenômenos, prever, observar e explicar cada atividade realizada. Em várias ocasiões que precisa explicar o que imaginou para responder algum questionamento, utiliza elementos do experimento, geralmente, combinada com a produção de gestos descritivos.

4.2.3 Considerações do piloto e ajustes realizados

O teste piloto foi de grande importância para o desenvolvimento da pesquisa, pois, através dos resultados obtidos a partir dele, algumas mudanças puderam ser realizadas. A primeira adaptação estava relacionada com o roteiro das atividades, disponibilizado em PDF e na plataforma *Google Forms*. Como o estudante relatou ter dificuldades em calibrar o aplicativo, foi feito um vídeo mostrando o ambiente do programa e como o utilizar, além dos passos descritos ao longo dos guias.

Outra modificação na pesquisa, foi a sugestão de materiais para a confecção do espectrofotômetro. Conversando com os professores titulares dos participantes, contatou-se que os estudantes não tinham o hábito de realizar atividades experimentais em suas escolas, portanto, por mais que os estudantes fossem livres para selecionar os materiais, de preferência objetos encontrados em suas residências, e como seria elaborado o arranjo experimental, foi disponibilizado um documento sugerindo as ferramentas (em forma de lista) e uma proposta de construção do aparato, não no formato de roteiro, mas mais como uma sugestão. Vale ressaltar que a etapa de aplicação da pesquisa foi desenvolvida no segundo ano de uma pandemia (2021), logo, a realização de experimentos dentro do desenvolvimento curricular letivo regular era essencialmente nulo.

Por meio dos resultados, alguns outros cuidados foram tomados, principalmente, com relação à visualização dos fenômenos trabalhados. Em um momento da entrevista, AP relata sobre a emissão e absorção para além da sua ideia de ondas, apresentando uma visão atomística do processo.

AP: Não lembro muito bem, mas vi nos *slides* que ele absorve para pular de camada [#AT] e ele emite quando volta para a sua camada aquela cor. Tipo, dependendo da cor, o elétron absorve e pula para uma camada mais externa do átomo e volta emitindo sua respectiva luz. Não sei muito sobre isso, não vejo isso...

Figura 14 - A sequência de imagens ilustra o que ocorre com a absorção e emissão, respectivamente, dentro do átomo. Imagem Dinâmica. #AT.



Fonte: A pesquisa.

Percebe-se que, o estudante lembra de alguma imagem visualizada nos *slides*, ou seja, na aula expositiva propiciada, mas apresenta dificuldade em visualizar o fenômeno acontecendo no átomo. Mesmo que ele sabia o que ocorre, não associa facilmente ao que foi observado. Portanto, mais dois instrumentos foram acrescentados na plataforma da pesquisa, duas simulações computacionais, uma relacionada com a visão de cor (semelhante ao arranjo experimental) e outra mostrando os fenômenos de emissão e absorção ocorrendo dentro do átomo. Esta etapa foi planejada para ser simulada antes da construção do espectrofotômetro.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

4.3.1 Delineamento da pesquisa qualitativa (interpretativa)

Com a intenção de verificar, na estrutura cognitiva do estudante, quais Mediações facilitam a produção de imagens mentais ao responder questões pertinentes a espectroscopia, o participante é o foco da investigação. Por conseguinte, utilizou-se métodos qualitativos no desenvolvimento dos materiais e para analisar a produção de dados.

A abordagem qualitativa baseada nas pesquisas de Erickson (1986), conecta-se com os objetivos propostos por esta pesquisa. O autor prefere chamar a pesquisa qualitativa de interpretativa, pois acredita que ela é preponderantemente inclusiva:

[...] (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 a sua elucidação e exposição pelo pesquisador (ERICKSON, 1986, p.119, tradução nossa).

Erickson (1986) apresenta que os principais objetivos da abordagem qualitativa em pesquisas voltadas à educação, são: procurar a compreensão do fenômeno segundo a perspectiva dos atores através da participação em suas vidas; foco nos significados e experiências; ênfase em ações e não em comportamentos. Para tanto, pode-se realizar perguntas como: “O que isso significa?”, “O que está imaginando?” ou “O que está acontecendo aqui?”.

[...] uma distinção analítica crucial em pesquisa interpretativa é entre comportamento, o ato físico, e ação, que é o comportamento mais as interpretações de significados atribuídas por quem atua e por aqueles com os quais o ator interage. O objeto da pesquisa interpretativa Social é ação, não comportamento” (ERICKSON, 1986, p.126, tradução nossa).

Em vista disso, pode-se delinear o Perfil de Nível de Mediação Externa identificado nesta pesquisa, como algo que se preocupa com as representações e *drivers* de cada estudante, objetivando identificar as Mediações que propiciaram a assimilação dos conteúdos trabalhados ao longo da interação com as tarefas da investigação. Erickson (1986) menciona, ainda, que se

deve observar os eventos cotidianos no cenário do campo, para tanto, as concepções dos participantes, bem como as imagens mentais externalizados diante das situações propostas, são observadas em diferentes etapas, sendo um texto relatado no *Classroom* ou via contato de *WhatsApp*, através das transcrições e, principalmente, por meio dos gestos descritivos.

4.3.2 Contexto da pesquisa

As mudanças, oriundas o teste piloto, foram ajustadas no final do ano letivo de 2020, portanto, optou-se em esperar a retomada das atividades escolares para iniciar os convites de participação na investigação. O conjunto de tarefas, que fizeram parte do constructo da pesquisa, foi disponibilizado na plataforma *Google Classroom* (ou Google Sala de Aula) no início do ano letivo de 2021.

O *Google Classroom*, é um recurso desenvolvido para a área de educação que permite ao desenvolvedor (professor/pesquisador) criar, editar, publicar e gerenciar o conteúdo dentro de sua plataforma, sem a necessidade do conhecimento de linguagens que permitem a construção de páginas na Web, como é o caso da HTML (*HyperText Markup Language* — Linguagem de Marcação de Hipertexto). O conteúdo, dentro do *Classroom*, pode incluir textos, imagens, áudios, vídeos, documentos, links para outros *sites*, simulações e uma série de arquivos digitais.

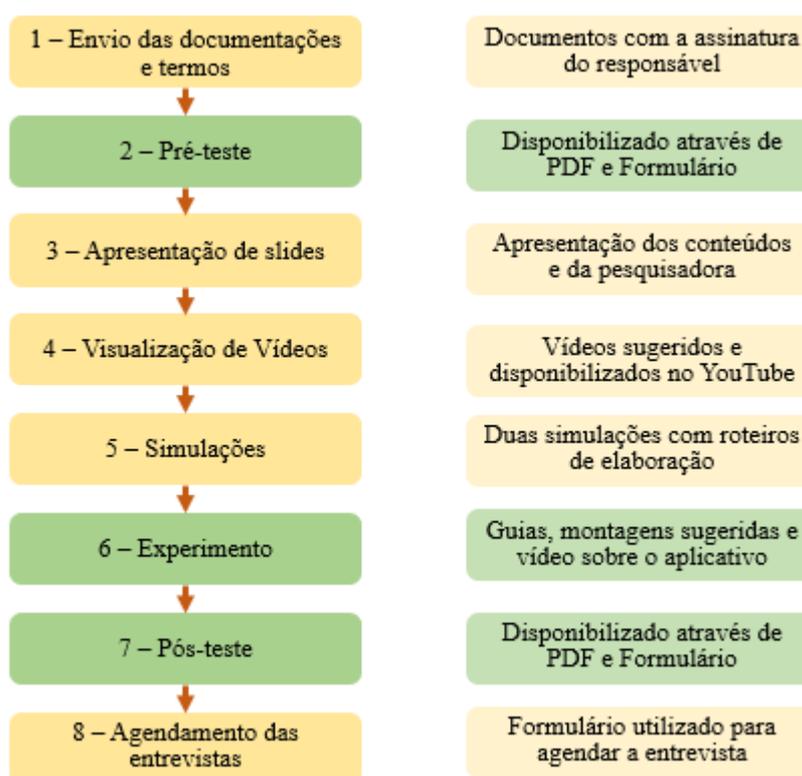
Desta forma, a pesquisa foi desenvolvida de forma remota, e aqui entende-se o “remoto” como algo adaptado do que seria aplicado presencialmente, em que os alunos e a pesquisadora não compartilham o mesmo espaço físico, mas mantêm contato de forma virtual, através de e-mail, *WhatsApp* e o próprio *Classroom*. Inclusive, a utilização do aplicativo de comunicação *WhatsApp* foi de grande relevância para a investigação, não só para tirar dúvidas, mas para enviar links de fontes de pesquisa, curiosidades, vídeos e fotos, a fim de auxiliar na construção de conhecimento dos participantes. Aplicativos e redes sociais foram adotados por grande parte das escolas para interagir com estudantes e familiares durante a pandemia (CETIC, 2020).

Neste cenário pandêmico, a elaboração de uma atividade experimental em um ambiente remoto necessitou de mais etapas do que havia sido previsto para as aulas presenciais, ou seja, antes de construir o espectrofotômetro, os estudantes realizaram uma sequência de tarefas estabelecidas, como a visualização de uma aula (gravada), sugestão de vídeos para assistir e a observação de simulações computacionais, sem contar o pré-teste e o pós-teste. Para cada etapa, um Formulário foi atribuído, nele os participantes poderiam dar sua opinião sobre

o que foi assistido, anotar dúvidas, responder aos questionários e, no caso das simulações, seguir um roteiro sugerido.

Oito tarefas sequenciais estruturaram a investigação (figura 15). Todas as etapas serão abordadas em detalhes no capítulo sobre o desenvolvimento das atividades.

Figura 15 - Esquema das Tarefas propostas aos estudantes. As tarefas evidenciadas na cor verde foram utilizadas como instrumentos para a coleta de dados.



Fonte: A pesquisa.

4.3.3 Participantes da pesquisa

Foi conversado com trinta e cinco estudantes no período de 10 de fevereiro de 2021 até 14 de julho do mesmo ano. Os convites para participar da pesquisa ocorreram através da Mediação de um professor em suas turmas de EM (segundos e terceiros anos) e poderiam variar entre a pesquisadora entrar em contato com os alunos interessados (via e-mail ou *WhatsApp*, autorizado pelo estudante) ou o voluntário expressar interesse via e-mail ou *WhatsApp* (disponibilizado para a pesquisa). Independente da forma de interação, um breve texto explicativo era encaminhado ao estudante disposto e seus responsáveis, expondo do que se tratava a investigação e o que precisaria executar.

Inicialmente, o convite foi realizado mediante um professor de Física, atuante em sala de aula, do Colégio Estadual Dr Wolfram Metzler. Dentre as suas turmas, dezoito estudantes

demonstraram interesse, mas destes apenas cinco iniciaram e terminaram todas as tarefas propostas. Muitos iniciaram e não deram continuidade. Ao final do mês de abril, os cinco participantes haviam realizado a entrevista, via *Google Meet*, gravada em vídeo.

Visando um número maior de participantes para a investigação, solicitou-se o auxílio de mais nove docentes do EM, de diferentes escolas públicas da região metropolitana. Entre os meses de maio e início de julho, mais doze estudantes procuraram o contato da pesquisadora, sendo que três finalizaram as tarefas. E do final do mês de junho até início de setembro, mais cinco estudantes pediram acesso para entrar na plataforma da pesquisa e realizaram todas as etapas.

Nota-se muitas desistências, sendo algumas ocorridas logo no início da conversa/chamada, sem a assinatura dos termos, e, grande parte, após o início das tarefas. Quando questionados sobre os motivos de encerrar a participação na investigação, muitos relataram não ter um celular e/ou computador próprio e, portanto, dificultaria a realização das atividades, prioridades como atender aos irmãos mais novos, trabalho e estudos, já que, de acordo com eles, tinham muito compromisso com a escola na modalidade remota. Alguns ainda mencionaram a falta de concentração em casa.

Treze estudantes finalizaram a pesquisa, com idades entre 16 e 18 anos, frequentando o segundo ou terceiro ano do EM. Apenas uma participante não realizou a entrevista, já que não tinha efetuado a atividade experimental (mas respondeu ao pós-teste). Portanto, foram analisados doze alunos, através da entrevista e suas respostas nos questionários. Todos os estudantes entrevistados autorizaram, ou tiveram a autorização concedida pelos responsáveis no caso de menores de idade, conforme o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (Apêndice D) e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndices E e F).

4.4 MATERIAIS DESENVOLVIDOS³

Os materiais produzidos podem ser classificados como instrumentos para a coleta de dados e os materiais desenvolvidos para a sequência de tarefas da pesquisa. Para uma análise fidedigna de dados qualitativos ser realizada, é interessante a elaboração do maior número possível de ferramentas para a produção dos dados.

³ Os materiais produzidos estão disponíveis em:
<https://classroom.google.com/c/MjI4ODcxMjAyMzM2?cjc=a52olhc>.
Com o código da turma sendo: a52olhc.

Para tanto, utilizou-se como instrumentos de coleta: um pré-teste escrito e resolvido individualmente; dois guias com o roteiro de atividades escrito e resolvido individualmente; um pós-teste escrito e individual, seguido de uma entrevista pautada nas respostas escritas nos testes. Já para o desenvolvimento das atividades, foi produzida uma apresentação em *slides*, disponibilizado sugestões de vídeos sobre o tema e duas simulações computacionais, conforme mostrado no esquema da figura 15.

4.4.1 Testes: Pré-teste e pós-teste

Para a pesquisa, desenvolveu-se um único questionário, composto por três questões abertas, utilizado como pré-teste e pós-teste (APENDICE A), anteriormente validado, conforme o teste piloto. Esta metodologia já foi utilizada em outros trabalhos (TREVISAN; ANDRADE NETO, 2016).

O pré-teste é aplicado logo no início das atividades, sendo a Tarefa 2 (como mostra a figura 16), antes de qualquer intervenção proposta pela pesquisa, com o intuito de verificar os conhecimentos dos estudantes sobre os conceitos relacionados à luz. Assim, facilitando a identificação de mudanças acerca do fenômeno e/ou da Mediação que originou a resposta individual.

Já o pós-teste, é disponibilizado aos estudantes ao final da investigação, sendo a Tarefa 7. O objetivo do instrumento é, justamente, verificar as respostas dos estudantes após a realização de todas as etapas da pesquisa, principalmente, depois da elaboração da atividade experimental. O conteúdo abordado equivale-se ao do pré-teste, sendo possível, assim, realizar uma comparação pré e pós-intervenção. As questões serão apresentadas em seguida.

Como mencionado, foram elaboradas três questões abertas sem a intenção de sugerir uma resposta, induzindo uma interpretação e retorno pessoal do participante sobre o assunto. Se tratando de alunos do EM, as perguntas possuem um vocabulário simples e estão relacionadas com aspectos visualizados em todas as etapas da pesquisa, incluindo os guias das atividades experimentais.

A primeira pergunta propõe que o estudante relate sobre a sua ideia do que é luz. Sendo possível identificar algumas concepções e/ou Mediações acerca do tema proposto, bem como possíveis mudanças (entre pré-teste e pós-teste). Para isso, a indagação menciona uma situação do ambiente físico acessível ao leitor e, depois, o questiona:

1) Dada uma situação em que uma janela aberta permite a passagem de luz solar, a qual incide em uma parede, a iluminando. Explique, com suas palavras e/ou desenhos, o que é luz?

A segunda interrogação está preocupada em verificar a noção do estudante sobre o conceito de luz (cor) – emissão, assim como possíveis mudanças na sua estrutura cognitiva. Para tanto, a pergunta recomenda uma explicação ao fenômeno de emissão, utilizando, como exemplo, um dos materiais mais citadas na pesquisa (e utilizado por alguns estudantes durante o experimento), o LED.

2) Explique, com suas palavras e/ou desenhos, o que ocorre para que diferentes fontes de emissão luminosa apareçam, para nós, nas variadas cores: Por exemplo, um LED vermelho e um LED azul.

Já na terceira, e última, questão, é abordado o tema de luz (cor) – absorção. Neste quesito, é solicitado a interpretação do participante sobre as diferentes cores que visualizamos, servindo-o com o exemplo de dois objetos comuns, uma camisa e um copo.

3) Explique, com suas palavras e/ou desenhos, o que ocorre para que diferentes objetos apareçam, para nós, nas variadas cores: Por exemplo, uma camisa vermelha e um copo azul.

Percebe-se que os questionamentos, apesar de simples, com um vocabulário acessível, abordam os três principais assuntos da pesquisa (luz, emissão e absorção luminosa) e procuram extrair do participante as suas interpretações (e ideias) frente ao que ele considera ser a luz, explicando a sua visão da emissão e da absorção. Buscou-se, através dos testes, analisar a compreensão dos estudantes sobre os conceitos trabalhados e possíveis mudanças após a intervenção. Todos os testes foram realizados individualmente pelos estudantes e estavam disponíveis na plataforma *Google Classroom* no formato PDF e como um Formulário.

4.4.2 Slides

Uma apresentação com 27 *slides* foi produzida utilizando diferentes recursos de visualização, como gifs animados, imagens e animações de tela, procurando potencializar o entendimento dos conceitos pertinentes à Espectroscopia (no caso, luz, emissão e absorção) pelos estudantes e, ainda, subsidiar a construção de imagens mentais por eles. A não inserção de vídeos dentro da exposição se deu por, na sequência, ter uma tarefa (4) destinada a observação de diversos vídeos publicados no *YouTube*.

A produção de *slides*, também, visa proporcionar a visualização dos fenômenos, abordando algumas explicações, sem mencionar o formalismo matemático presente nas situações. Para tanto, a apresentação inicia com a ideia da “espectroscopia”, relacionando o termo com a interação de diferentes tipos de radiação e a matéria, o que depois é mais bem exemplificado. Todas as ideias apresentadas seguem perspectivas de livros didáticos do Ensino Médio, visto que foi uma abordagem realizada com participantes deste nível de ensino.

É apresentado que, por meio das considerações de Maxwell, chega-se à conclusão de que os fenômenos eletromagnéticos possuem um comportamento ondulatório e que a velocidade de propagação dessa onda é o mesmo valor calculado para a velocidade da luz. Sendo assim, a luz uma onda eletromagnética (natureza ondulatória) (LOPES; ROSSO, 2020; VÁLIO et al., 2018; BISCUOLA et al., 2016). Sabe-se que quem fez essa inferência foi o Michael Faraday em 1845 que, ao estudar a polarização da luz, demonstrou uma relação entre as ondas de luz e o eletromagnetismo, o que ficou conhecido como o Efeito Faraday. Efeito que se caracteriza pela mudança no plano de polarização de um feixe de luz ocasionada por um campo magnético intenso. Constatando que, se a luz, um fenômeno já conhecido como ondulatório, sofre influência de um campo magnético, então ela também é um fenômeno eletromagnético.

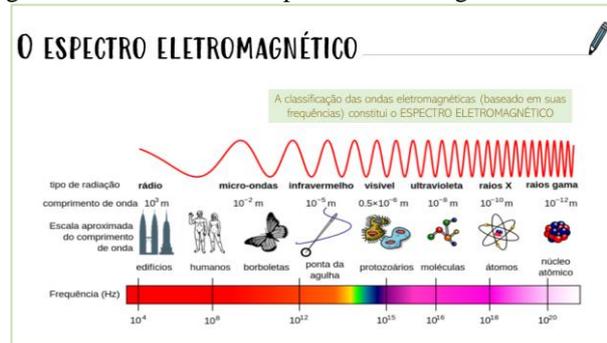
Figura 16 - Slide sobre Maxwell



Fonte: A pesquisa.

Ao relatar sobre a onda eletromagnética, aborda-se a direção de propagação e os parâmetros da onda, como comprimento de onda, amplitude e período. Aproveitando o momento para, em seguida, falar da frequência e, por conformidade, sobre a classificação das ondas eletromagnéticas que constitui o espectro eletromagnético.

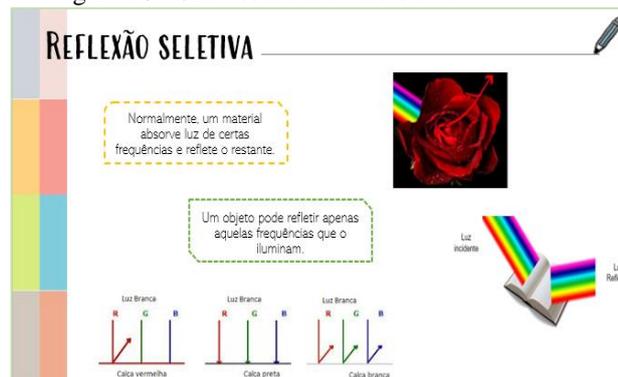
Figura 17 - Slide sobre o Espectro Eletromagnético



Fonte: A pesquisa.

Prosseguindo com a apresentação, relata-se sobre as redes (ou grades) de difração e seu funcionamento, explicando o motivo da utilização de um CD na atividade experimental. Adiante, a ideia de reflexão seletiva é exibida, já inserindo o termo “reflexão” durante a explicação.

Figura 18 - Slide sobre reflexão seletiva



Fonte: A pesquisa.

Após a elucidação de alguns conceitos, chega-se, então, na concepção de “interação da luz com um meio material”. Não é mencionado as “falhas” encontradas na teoria clássica do eletromagnetismo ao relatar a restrição imposta por Max Planck (1900) sobre a emissão energia em determinadas quantidades. Mais precisamente, em quantidades inteiras de hf , onde h passou a ser chamada de constante de Planck, e f é a frequência da radiação emitida. Esta suposição é conhecida como quantização da energia.

Figura 19 - Slide sobre a ideia de energia emitida

INTERAÇÃO COM O MEIO MATERIAL

1900

Radiação eletromagnética é constituída por partículas de energia...

EXEMPLO!

Considerou que a energia radiante fosse emitida em porções discretas, cada uma das quais ele chamou de quantum.

$E = h \cdot f$

$h = \text{constante de Planck}$

Max Planck

Fonte: A pesquisa.

Em seguida, traz-se a publicação de Einstein, argumentando as suas ideias de interação entre luz e matéria (LOPES; ROSSO, 2020; VÁLIO et al, 2018; BISCUOLA et al., 2016). O efeito fotoelétrico é citado nos livros didáticos como confirmação da existência do “quantum de luz” ou, posteriormente, “fótons”, comumente visto como a principal razão para a sua importância (KLASSEN, 2011). Segundo esse autor, o termo “fóton” foi inventado somente em 1926 pelo químico Gilbert Lewis.

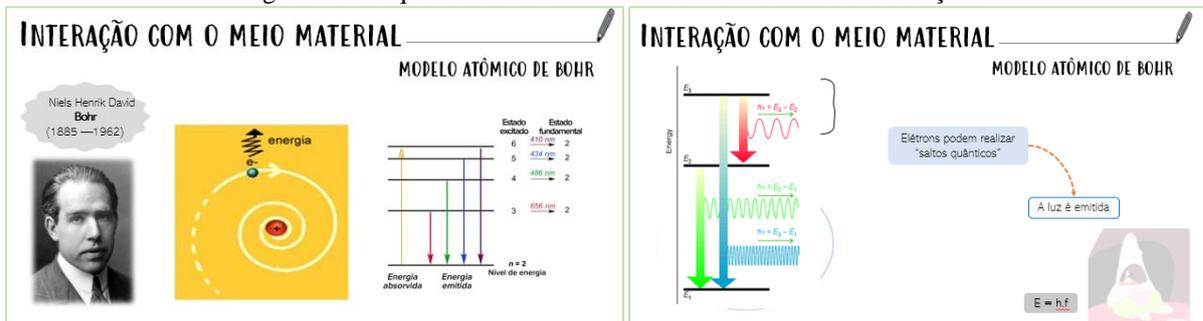
Einstein aplica a mecânica estatística para estudar um feixe de onda luminosa, percebendo que a entropia calculada de uma frente de onda luminosa possui a mesma expressão da entropia de um gás ideal, que é composto por partículas. Logo é feita uma analogia que existiriam partículas, o “quantum”, de energia na luz e essas partículas desempenhariam na frente de onda o mesmo papel que os átomos desempenham na teoria cinética dos gases.

Em seguida, nos *slides*, tem-se a interpretação do modelo atômico de Niels Henrik David Bohr (1885 —1962). De acordo com a física clássica, uma partícula carregada que se move em uma trajetória circular perderia energia continuamente pela radiação eletromagnética. À medida que um elétron perde energia, ele deve mover-se em forma de espiral em direção ao núcleo. Seguindo com a ideia de que a frequência do fóton emitido, e sua cor, dependente do tamanho do salto.

Os estados estacionários, em livros didáticos são apresentados como ideias do Bohr (LOPES; ROSSO, 2020; VÁLIO et al, 2018; BISCUOLA et al., 2016), mas Rutherford (1871 – 1937) já considerava que os elétrons “ocupassem” estados estacionários (de energia fixa, não posição) à diferentes distâncias do núcleo, e que os elétrons pudessem saltar de um estado para outro, sendo essa energia uma energia térmica ou descargas elétricas. Essas afirmações são obtidas a partir das ideias das "ampola de Crookes" do cientista Joseph John Thomson (1856-

1940) e da Lei de deslocamento de Wien, relacionando o aumento de temperatura com o comprimento de onda da luz emitida que aumentava indo para o ultravioleta.

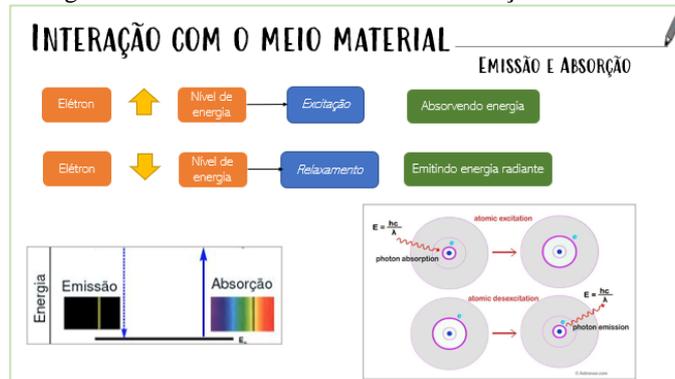
Figura 20 - Sequência de dois slides sobre Bohr e suas considerações



Fonte: A pesquisa.

A partir das explicações, o fenômeno de interação da luz com o meio material pode ser apresentado, indicando os conceitos de emissão e absorção envolvidos. A absorção ocorre quando um fóton (uma radiação) faz o elétron de um átomo “saltar” de uma camada inferior para uma superior (processo de excitação) e a emissão acontece quando o elétron retorna da camada superior para a posição inferior (relaxamento).

Figura 21 - Slides sobre a Emissão e Absorção



Fonte: A pesquisa.

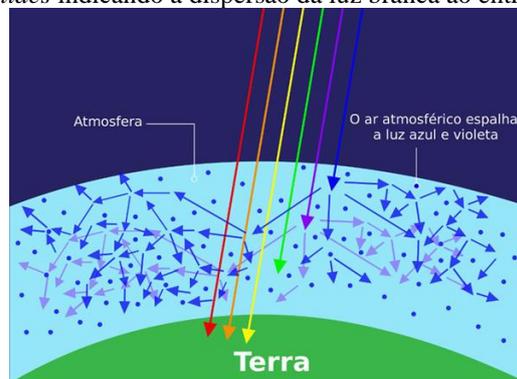
Após as afirmações de que a luz também apresenta características corpusculares, segue-se as explicações sobre a interação dela com a matéria, trazendo analogias com exemplos visuais do cotidiano, como a ideia de que luz é detectada no corpo dos seres vivos por meio de pigmentos, cada um deles capaz de absorver determinados comprimentos de onda. Na sequência de apresentações aborda os motivos do céu ser azul, do pôr do Sol ser avermelhado e das nuvens serem brancas, por exemplo. O fenômeno abordado para a explicação é o espalhamento, mais precisamente o espalhamento seletivo.

O espalhamento é um processo rápido onde ocorre a absorção da luz incidente seguida pela sua reemissão. A absorção e a reemissão pode se dar preferencialmente para algumas

frequências (espalhamento seletivo). O espalhamento na atmosfera ocorre, preferencialmente, com as frequências mais altas (violeta e azul), comprimentos de onda menores, da luz solar e acontece quando as partículas que interagem com a luz têm um tamanho muito menor do que o comprimento de onda da luz, que é o caso das moléculas de oxigênio (O_2) e nitrogênio (N_2) da atmosfera terrestre.

Embora a luz violeta seja mais espalhada do que a azul, nossos olhos não são muito “sensíveis” ao violeta. Desta forma, é a luz azul espalhada que predomina em nossa visão, uma das razões que enxergamos o céu azul. Claro que, o azul do céu pode variar de lugar para lugar, dependendo do grau de poluição ou de vapor d’água na atmosfera.

Figura 22 - Imagem retirada dos *slides* indicando a dispersão da luz branca ao entrar na atmosfera terrestre.



Fonte: A pesquisa.

As cores que enxergamos fazem parte de uma pequena parcela do espectro eletromagnético, a qual compreende os tamanhos de, aproximadamente, 400 nm a 700 nm de comprimento de onda (violeta ao vermelho, respectivamente). A partir do momento em que o Sol começa a se aproximar do horizonte, os raios de luz solar, tendem a percorrer uma distância bem maior, desta vez, percorrendo horizontalmente toda a atmosfera para chegarem até nós.

Figura 23 - Imagem retirada dos *slides*, apontando a visualização do Sol no horizonte

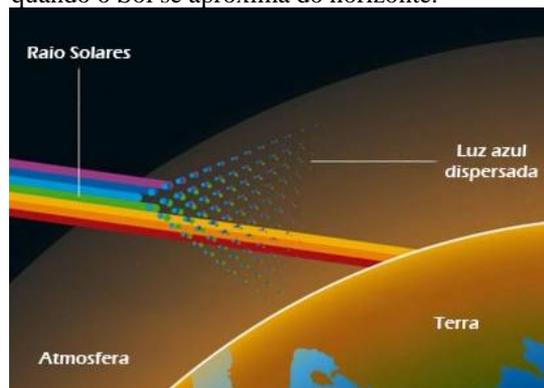


Fonte: A pesquisa.

Nessa passagem, os raios luminosos atravessam as mais baixas camadas da atmosfera terrestre, e neste local, há a existência de poluições tais como: partículas de fumaça e partículas de poeira. Estes elementos além de dispersarem a luz violeta, anil, verde e azul, eles também conseguem dispersar a luz amarela e laranja do Sol, sendo que a única cor do espectro que estas partículas não conseguem dispersar, é justamente a luz vermelha, que possui um comprimento de onda maior.

O vermelho, que é a menos espalhada, e, portanto, a que melhor é transmitida, atravessa mais atmosfera do que as outras cores. Assim, quanto mais espessa é a atmosfera, mais tempo existe para espalhar todas as componentes de frequências mais altas da luz. Isso significa que a luz que melhor atravessa o ar é a vermelha, razão pela qual o poente (ou a aurora) é avermelhado.

Figura 24 - Imagem retirada dos *slides*, representando o espalhamento da luz ao entrar na atmosfera terrestre quando o Sol se aproxima do horizonte.



Fonte: A pesquisa.

As nuvens têm a aparência branca quando as gotículas de água espalham eficientemente todos os comprimentos de onda de luz visível em todas as direções. Por exemplo, as gotículas de água possuem diferentes tamanhos, as de tamanho maior vão espalhar o vermelho, as “médias” o verde e as pequenas, cores próximas ao azul. Cada gotícula absorve uma pequena fração de luz que incide nela, de modo que, se tiver muitas gotas, ocorrerá uma grande absorção, dando-lhe um aspecto escuro.

Percebe-se que as explicações possuem um vocabulário acessível aos estudantes de EM e explicam questões muitas vezes presentes na estrutura cognitiva dos alunos. Os *slides* seguintes relatam sobre a emissão e absorção da luz, evidenciando que um átomo pode apenas absorver radiação de comprimento de onda bem definido e cada elemento químico possui órbitas de energia com valores diferenciados.

Chegando nos últimos *slides* da apresentação, o termo “espectroscopia” é, novamente, revisitado, exibindo que métodos podem variar em relação às espécies analisadas (como a espectroscopia atômica ou molecular), a região do espectro eletromagnético e o tipo de interação radiação-matéria monitorada (tais como emissão, absorção ou difração). Outras imagens com relação à interação de luz e matéria são apresentadas, dentro da perspectiva de análise dos espectros de emissão e absorção.

Explica-se, brevemente, o funcionamento do equipamento espectrofotômetro, mostrando as suas divisões e adaptações utilizadas para a confecção de um instrumento caseiro. E, por fim, alguns exemplos de utilização são mencionados, com: análise ambiental; análise clínica; elementos químicos; astronomia: informações sobre a composição, a densidade, a temperatura etc.

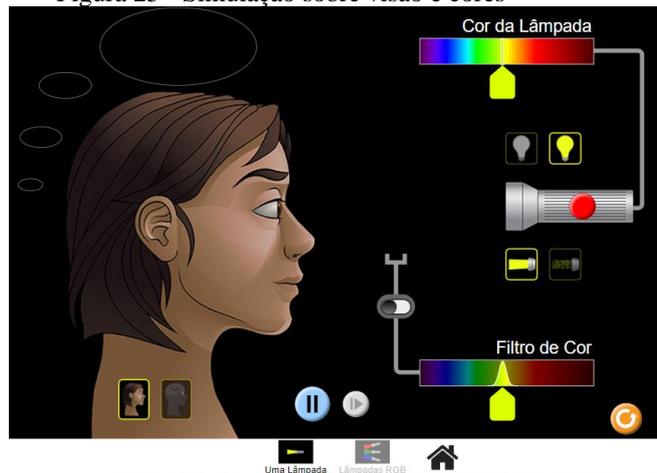
Para a produção dos *slides*, foram utilizadas 50 imagens, sendo 9 gifs. O conteúdo foi disponibilizado com o intuito de informar, sem haver uma abordagem, necessariamente, histórica e auxiliar o participante ao compreender alguns dos fenômenos pertinentes ao conceito de luz.

4.4.3 Simulações

Foram atribuídas a investigação duas simulações computacionais, sendo uma da Universidade do Colorado – que oferece simulações de matemática e ciências - juntamente com seus respectivos roteiros elaborados pela pesquisadora, os quais informavam sobre a utilização de cada simulação e continham alguns exercícios para ser respondidos, enquanto os fenômenos eram observados. A primeira simulação abordava a ideia de visão e cores⁴, conforme a figura 25. Nela o estudante poderia visualizar uma luz branca, luzes coloridas e a utilização de um “filtro” (simbolizando objetos com cores diferentes), tanto no formato de feixe quanto no de partículas.

⁴ Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/color-vision

Figura 25 - Simulação sobre visão e cores



Fonte: A pesquisa

O primeiro roteiro, realizado em um Formulário, iniciava com imagens explicativas sobre o uso da simulação (quadro 5) e, ao final, perguntas que conduziam a investigação do aluno no programa, como:

- Descreva o que acontece com a luz branca quando ela passa por um filtro:
- Explique o que acontece quando o filtro e a lâmpada têm cores semelhantes. A luz é filtrada completamente ou alguma parte é transmitida?
- Explique o que acontece quando o filtro e a lâmpada têm cores diferentes. A luz é filtrada completamente ou alguma parte é transmitida?

Quadro 5 - Roteiros com dicas sobre a utilização da Simulação 1

Tela de Bulbo Único
Nesta tela, os alunos investigam a percepção de cores e a subtração de cores.

VEJA a cor percebida

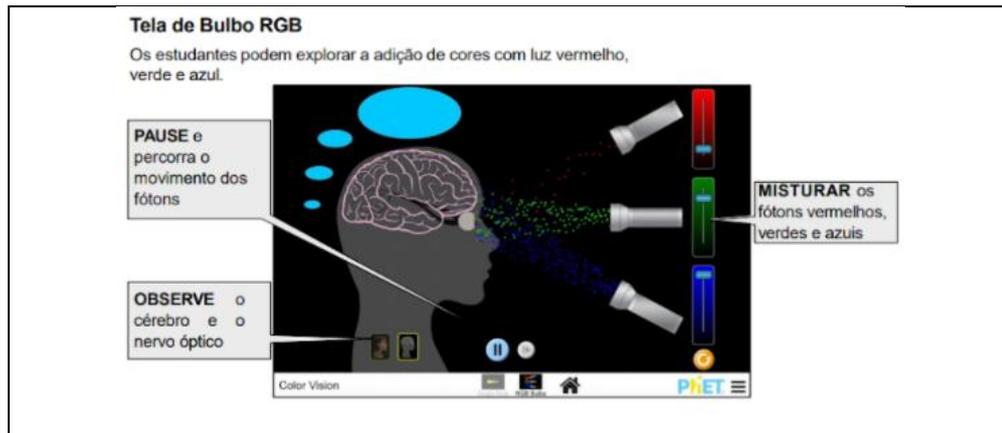
REMOVA o filtro

AJUSTE a cor da lâmpada

EXPLORE a luz monocromática ou branca

VER feixe ou fótons

AJUSTE a intensidade do filtro de cores.



Fonte: A pesquisa.

A segunda simulação representava a ideia de emissão e absorção, com a visualização do átomo de Bohr⁵. Observando os fenômenos aplicados para cores diferentes, o estudante podia escolher a cor desejada, o processo (emissão ou absorção) e, a partir do que foi selecionado, observar o fenômeno acontecendo. Um roteiro, também, foi produzido no Formulário e teve como objetivo informar sobre a utilização da simulação e conduzir o aluno a realizar as atividades, respondendo questões propostas, como:

- Realizando a absorção e emissão da cor selecionada (questões acima), responda: Qual (ou quais) diferença(s) você observou entre a absorção e emissão?
- Agora selecione outra cor e repita todo o processo, primeiro observando a absorção e depois a emissão da nova cor. Indique a nova cor selecionada e responda: Qual (quais) diferença(s) você percebeu de uma cor para a outra?

⁵

Disponível em: https://interactives.ck12.org/simulations/physics/atomic-colors/app/index.html?screen=sandbox&hash=cc1b8defb5c14f59c7d2c734f7887271&source=ck12&artifactID=1935122&referrer=concept_details&encodedID=SCI.PHY.953&conceptCollectionAbsoluteHandle=bohres-atomic-model&collectionHandle=physics&collectionCreatorID=3

Quadro 6 - Demonstração da simulação 2 e dos roteiros

Elétron que se movimenta entre as órbitas

Gráfico da Intensidade pelo comprimento de onda dos espectros de emissão/absorção

Espectro eletromagnético: Local de escolha das cores que vai observar.

O Gás que está estudando. NÃO PRECISA MODIFICAR

O tipo de espectro: Absorção OU Emissão

WAVELENGTH (nm)

Selecione uma das 4 cores que deseja observar. A cor que você selecionar ficará com uma borda branca.

Spectrum Type = Absorption

Para esta questão, selecione a Absorção (ABSORPTION).

Aperte o PLAY e observe. A simulação ocorre bem rápida, pode apertar mais de uma vez para compreender o fenômeno.

Spectrum Type = Emission

Para esta questão, selecione a Emissão (EMISSION). Arraste a barrinha branca até que a palavra EMISSION apareça.

Aperte o PLAY e observe. A simulação ocorre bem rápida, pode apertar mais de uma vez para compreender o fenômeno.

Fonte: A pesquisa.

4.4.4 A atividade com o aplicativo (guias)

A Tarefa 6, disponibilizada na plataforma, era composta por: um material de sugestão de confecção do experimento, uma lista mencionando possíveis utensílios, um vídeo mostrando o ambiente do aplicativo e dois guias (roteiros) preparados para conduzir a utilização do aplicativo e o arranjo experimental. Os guias, assim como os testes, foram concedidos no formato PDF e Formulário, podendo o estudante escolher o que melhor o agrada.

Figura 26 - Materiais disponibilizados na Tarefa 6



Fonte: A pesquisa.

Figura 27 - Foto dos materiais sugeridos (utilizados na construção do protótipo). Lâmpada LED, lâmpada incandescente, LED's coloridos, cartolina, fita isolante, um CD e corantes de alimentos.



Fonte: A pesquisa.

Neste subcapítulo do presente trabalho, será explanado sobre os roteiros de utilização (APÊNDICES B e C), confeccionados para auxiliar o uso do aplicativo e responsáveis por orientar as atividades experimentais. Os guias foram empregados segundo a abordagem P.O.E (Predizer-Observar-Explicar), na qual os estudantes são chamados para predizer o comportamento de uma situação-problema ou de um experimento, observar a simulação e, após essas etapas, explicar possíveis diferenças entre suas concepções e o observado (WU et al., 2001). Ou seja, consiste em fazer com que os estudantes tentem prever o que vai ocorrer antes

de visualizar o aplicativo e descrevam o esperado que apareça na tela do celular. Com o objetivo de promover o conflito cognitivo durante a execução do experimento.

Então, nesta fase, os alunos vão interagir com o aplicativo *SpectraUPB* nos seus aparelhos celulares e contarão com seus materiais para a aplicação das atividades. A expressão ‘BYOD’ (traga seu próprio dispositivo), passa a ser utilizada como ‘UYOD’ (use seu próprio dispositivo). Os passos para o download do aplicativo estão no vídeo e a sua utilização descrita nos guias.

Os guias são divididos em duas etapas, a Etapa de Emissão Luminosa (Guia Emissão) e a de Absorção Luminosa (Guia Absorção). As primeiras páginas de ambos são idênticas e contam com a explicação do aplicativo utilizado, o espectro eletromagnético e uma primeira atividade utilizando uma lâmpada branca (uma parte desta última encontra-se na figura 28).

Figura 28 - Primeira atividade de ambos os guias

I. LÂMPADA BRANCA (exemplo INCANDESCENTE, LED, FLUORESCENTE):

CUIDADO: a lâmpada incandescente AQUECE enquanto está ligada.
Realize a atividade na ordem em que for solicitada.

ETAPA DE PREVISÃO (ANTES DE UTILIZAR O CELULAR):

Explique, como se estivesse explicando para um colega, o que você imagina que será identificado na tela do celular ao posicioná-lo em frente a lâmpada? Para isso, utilize texto, desenhos, esquemas e/ou gráficos.

ETAPA DE OBSERVAÇÃO:

Agora, com o celular, realize a atividade: Entre no aplicativo, clique em **SPECTROMETER** (figura 2) enquadre o espectro que estará sendo mostrado no celular (no retângulo AZUL), clique para **plotar** , aguarde. É necessário calibrar o aparelho para cada fonte de luz que for analisada (para que tenhamos o comprimento de onda), para isso, clique nas **"configurações"**  **"Normal fluorescent light"** e nos tracejados que aparecerão na tela (figura 3). Aguarde.

Fonte: A pesquisa.

Justifica-se uma primeira atividade igual para ambos os casos já que 1) os estudantes podem não realizar todas as etapas no mesmo dia, sendo este primeiro contato uma forma de lembrar o que foi visualizado, e 2) a explicação do que fazer com o aplicativo, após montar o aparato, encontra-se junto com o primeiro exercício, conforme explanado anteriormente. A partir da situação inicial, os guias se diferem nas atividades propostas.

Para a etapa de Emissão Luminosa, os alunos poderiam usar lâmpadas brancas ou coloridas, LEDs ou papel celofane (na frente de uma lâmpada branca), os materiais dependem

da escolha de cada um. Na câmera do celular, foi solicitado a inserção de uma pequena parte de um CD - ROM sem a película refletora, o qual serve como grade de difração, e um tubo contendo uma abertura (fenda) na frente, por onde a luz emitida passa. Assim como os utensílios de iluminação, a confecção do tubo dependia da criatividade do estudante. Criando assim, os espectrômetros, conforme mostra o quadro 4 (A). Cada estudante pode verificar o espectro de emissão de uma fonte emissora, seguindo a orientação do guia.

Figura 29 - Exemplo de montagem, utilizando uma lâmpada incandescente, para a etapa de emissão luminosa.



Fonte: A pesquisa.

A segunda etapa estava relacionada com a absorção da luz branca, após a fonte de luz incidir em uma substância (amostra), dissolvida em água, como corante de alimentos, tintas ou pó de sucos. Esta mistura foi analisada por meio de seu espectro visível, identificado na tela do celular (figura 30). Para isso, é necessário posicionar o celular (com o tubo) à frente da amostra e seguir o guia. Dessa forma, os estudantes estão utilizando um recurso digital combinado com materiais do ambiente, para estudar diferentes fenômenos, ou seja, através das Mediações Hiper-cultural e Psicofísica.

Figura 30 - Exemplo de montagem do aparato experimental e visualização do fenômeno na tela do celular. Após esta imagem ainda houve ajustes.



Fonte: A pesquisa.

4.5 DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES

4.5.1 Tarefas

Conforme foi citado anteriormente, a investigação contou com a elaboração de 8 momentos, denominados como “Tarefas” (figura 15), disponibilizadas virtualmente. Antes do início das atividades, que foram do começo de fevereiro até o mês de setembro de 2021, a pesquisadora conversou com os estudantes, individualmente, via e-mail ou *WhatsApp*, explicando como seriam os passos, quais as finalidades, vantagens de o voluntário participar de uma pesquisa. Nesta conversa, também eram questionados o ano de ensino e a idade do participante.

Após o aceite do aluno, era concedido o seu acesso na plataforma *Classroom*, que também contou com um roteiro, enviado com o link, mostrando o ambiente de ensino. Antes de iniciar as Tarefas, todos os termos deveriam estar assinados e encaminhados para a pesquisadora, no caso de menores de idade, por seus responsáveis. O tempo estipulado para a conclusão das Tarefas era de seis semanas, mas nem sempre este período foi respeitado. Salienta-se que, a pesquisadora mantinha conversa com todos os participantes engajados na pesquisa.

A primeira Tarefa, então, estava destinada ao envio das documentações, também disponibilizados via PDF e Formulário. Passando para o pré-teste, contendo suas três questões abertas e a apresentação de *slides*. Na quarta Tarefa alguns vídeos foram sugeridos para visualização, no intuito de despertar o interesse dos estudantes em pesquisar suas dúvidas, encontrar outras fontes e potencializar o desenvolvimento de imagens mentais.

Adiante, tinham as simulações, intituladas como Tarefa 5.1 e Tarefa 5.2, que possibilitaram a visualização de fenômenos microscópicos e manuseio de ferramentas virtuais. A próxima Tarefa, e mais demorada, era a confecção do arranjo experimental e utilização do aplicativo de celular. Atividade que, por mais dúvidas que tenham surgido, os doze estudantes conseguiram organizar os materiais e realizar a atividade de forma individual e criativa.

As últimas tarefas foram o pós-teste e a marcação das entrevistas. Todas as atividades eram “monitoradas” através dos Formulários ou conversas de *WhatsApp*, a fim de verificar se o aluno estava mesmo realizando-as.

4.5.2 Entrevistas

Esta tarefa consiste em entrevistas realizadas individualmente com os alunos, tendo como base as questões e as respostas dos testes (pré-teste, guias de atividade experimental e pós-teste), com o objetivo principal de proporcionar a explicação do aluno para as suas resoluções das perguntas, identificando, assim, as imagens mentais utilizadas pelos estudantes bem como a origem delas. Todos os estudantes que terminaram as atividades, realizaram as entrevistas, totalizando doze vídeos gravados.

As entrevistas foram agendadas através da plataforma e, se necessário, remarcadas via *WhatsApp*, em horários estipulados pelos estudantes. O diálogo foi conduzido segundo o protocolo *Report Aloud* (TREVISAN et al., 2019), adaptado da técnica *Think Aloud* (VAN-SOMEREN et al., 1994). Os métodos se diferem na forma como são abordados, no caso da pesquisa, o entrevistador e o entrevistado mantêm uma conversa constante, em que o estudante reporta qual foi o seu processo de pensamento aplicado enquanto estava respondendo as questões, ou seja, o estudante resolve os testes e só depois descreve o que pensou ao respondê-los. A ideia é identificar o que ele pensou e/ou imaginou no momento que realizou a atividade.

Já no *Think Aloud*, o estudante é convidado a pensar em voz alta conforme está resolvendo alguma situação, ou seja, o que está pensando durante a execução de uma tarefa. O método permite compreender o que o estudante está pensando no exato momento de responder aos questionários e/ou ao interagir com simulações/aplicativos. Com a utilização do *Report Aloud*, é possível superar alguns obstáculos que podem surgir ao se entrevistar algum participante tímido, que possa se sentir desconfortável em relatar o que está raciocinando no exato momento, por exemplo.

O final das atividades e a realização das entrevistas não passaram do intervalo de uma semana. Estudos apontam que, o tempo transcorrido entre a realização das atividades e a entrevista, como ocorre no *Report Aloud*, não interfere nos resultados (RAMOS, 2015; WOLFF, 2015; TREVISAN, 2016).

As entrevistas foram realizadas através do *Google Meet*, ou seja, por videochamada. Os alunos tiveram acesso a todos seus testes e roteiros, por meio do compartilhamento de tela, bem como a qualquer Tarefa, já que o acesso a pesquisa estava aberto.

4.6 METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS

Cada entrevista completa foi gravada em vídeo, para posterior transcrição na íntegra e análise. Por meio do protocolo utilizado, conforme mencionado no capítulo anterior, o entrevistador mantinha um constante diálogo com o entrevistado, identificando o que ele pensou ou imaginou quando realizou a atividade.

A análise das entrevistas se deu através da técnica de Análise Gestual Descritiva (CLEMENT; STEINBERG, 2002; MONAGHAN; CLEMENT, 1999; STEPHENS; CLEMENT, 2010, 2015). É uma análise qualitativa que busca identificar gestos descritivos realizados pelos estudantes. Os trabalhos sugerem que existe um vínculo entre as imagens mentais presentes na estrutura cognitiva dos estudantes e os gestos realizados por eles.

A base metodológica de Monaghan e Clement (1999) consiste em utilizar alguns indicadores, como os movimentos de mãos realizados pelos estudantes durante a entrevista, como evidência da produção de imagens mentais para a resolução de problemas da tarefa em questão. Na investigação de Monaghan e Clement (1999), essa análise foi utilizada para a identificação das simulações mentais referentes ao movimento relativo. Na presente pesquisa, busca-se identificar as imagens referentes aos conceitos relacionados com a luz, após a intervenção, sendo a principal ferramenta de identificação de *drivers* adotada.

De acordo com Clement (1994) há dois tipos básicos de gestos, um relacionado às imagens mentais dinâmicas, representando situações em movimento, e outro relacionado a imagens estáticas. O gesto dinâmico, pode ser identificado quando, por exemplo, o estudante movimenta uma das mãos para simbolizar a propagação de uma onda. Já o gesto estático, seria a representação, com as mãos, de uma partícula, por exemplo.

Existe uma relação entre o que o estudante transmite verbal e gestualmente, sem que ambas transmitam necessariamente a mesma informação, por isso, a interpretação dos gestos precisa ser analisada como um todo. De forma que, é importante a identificação de padrões de gestos e sua relação com os conhecimentos existentes na estrutura cognitiva dos estudantes. Os gestos precisam ser verificados como uma linguagem própria (não um auxílio para a fala), expressando o que o estudante por vezes não consegue expressar através da linguagem verbal.

Na pesquisa, busca-se encontrar, através da produção de imagens mentais, os mecanismos externos utilizados para explicar determinado fenômeno. E, através deste alcance, traçar um Perfil de Nível de Mediação Externa individual.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta a análise dos resultados obtidos através dos pré-testes, pós-testes, guias e, principalmente, por meio das entrevistas com os estudantes. Como descrito no delineamento metodológico, as entrevistas foram realizadas através do protocolo *Report Aloud* (TREVISAN et al., 2019). Todas foram gravadas na íntegra, e a análise das mesmas se deu através dos vídeos e de suas transcrições, por meio da Análise Gestual Descritiva (CLEMENT; STEINBERG, 2002; MONAGHAN; CLEMENT, 1999; STEPHENS; CLEMENT, 2010). Nas transcrições não são utilizados os nomes dos alunos, eles passarão a ser chamados pela letra “A”, seguida de um número, como, por exemplo, A9 (Aluno 9), e assim para os demais alunos. Todos os participantes concordaram com a realização e gravação das entrevistas.

Os gestos produzidos pelos estudantes estão identificados em “[*hashtag*]” (#) e letras que correspondem a imagem mental identificada através do movimento ou posição das mãos de cada participante. Por exemplo, digamos que um estudante realizou um gesto quando relatava sobre a onda eletromagnética, na transcrição vai estar o código deste gesto, [#ON] e na descrição os detalhes de como ele foi efetuado.

Com os dados obtidos, pretende-se identificar as Mediações relatadas pelos estudantes para explicar os fenômenos associados a espectroscopia de emissão e absorção e, conseqüentemente, as concepções acerca do conceito de luz, após realizar as etapas da pesquisa. Procura-se, também, traçar os “Perfis de Nível de Mediação Externa” acerca da noção de luz e cores (emissão e reflexão) para cada um dos entrevistados. Essa proposta permite identificar quais mecanismos de processamento externo são mais utilizados na criação dos *drivers* que dão origem às simulações mentais evidenciadas durante as explicações das respostas para determinados questionamentos propostos ao longo da atividade.

A partir da análise dos resultados, três grupos emergiram naturalmente no método de análise qualitativa: o grupo de alunos em que as imagens mentais são, predominantemente, originárias da Mediação Psicofísica (Grupo P), o da Mediação Hipercultural (Grupo H) e o grupo, composto por apenas um aluno (A9), com preferência pela Mediação Cultural (Grupo C). Este levantamento pode ser melhor identificado analisando os perfis individual e coletivo dos participantes, ao responder às questões solicitadas. No Grupo P encontram-se os estudantes A1, A2, A6 e A13 e no Grupo H estão os alunos A3, A4, A5, A7, A10, A11 e A12, sendo o grupo que possui o maior número de participantes.

A organização das análises encontra-se a seguir e está separada por dois (Grupo C e H) dos três grupos. Por exemplo, o Grupo C é representado pelo estudante A9, para a exposição

das análises será relatado as respostas que circundam as três principais questões dos pré-teste e pós-teste, questionados na entrevista, evidenciando os mecanismos de processamento externo identificados, os perfis (individual e do grupo) e, por fim, as concepções sobre o conceito de luz do estudante pertencente ao grupo.

Neste trabalho, conectando ambas as linguagens gestual e textual, e tendo como aporte teórico a TMC empregada ao estudo de espectroscopia, serão apresentados os resultados de dois alunos do Ensino Médio, sendo eles A9 e A11. Representando o Grupo C e Grupo H, respectivamente.

5.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO GRUPO C

Como foi descrito anteriormente, o convite para participar da pesquisa aconteceu por intermédio dos professores atuantes em sala de aula que indicavam os alunos para a pesquisadora ou divulgavam a ideia do trabalho em suas turmas e os interessados entravam em contato. Este último foi o caso do participante A9, que entrou em contato via WhatsApp, indicando interesse em participar da pesquisa.

Antes de iniciar a entrevista é recordado (para todos os participantes) todas as etapas que o estudante realizou - o pré-teste, a apresentação de uma aula, a visualização de vídeos, os simuladores, a atividade experimental e o pós-teste - e é explicado o processo da conversa, que não possui fins de avaliação individual. Neste momento, apresentar-se-ão os resultados expressos pelo A9.

O primeiro questionamento é voltado à ideia de luz, sendo que é dita uma situação na qual o(a) estudante pode ou não se apoiar para responder - *“Dada uma situação em que uma janela aberta permite a passagem de luz solar, a qual incide em uma parede. Explique, utilizando palavras e desenhos, o que é luz?”* Com isso, é questionado o que A9 imaginou ao ler esta questão e, conseqüentemente, respondê-la.

A9: A primeira coisa que veio na minha cabeça quando li janela aberta imaginei uma janela [#JA] e nela [#JF] tem uma fonte de luz que nela incide e vai iluminar as partes [#IL] dentro da janela que podem ser visíveis pela fonte de luz. E esse foi o pensamento inicial, depois comecei a aprofundar mais, que a luz é uma radiação eletromagnética, o que vi em livros e fui escrevendo.

Figura 31 - A imagem ilustra o discurso verbal do aluno que representa, com uma das mãos abertas em frente ao rosto um objeto parado, no caso, uma janela. Imagem estática. #JA



Fonte: A pesquisa.

Figura 32 - A imagem mostra o aluno com uma mão aberta, parada, e a outra mais acima apenas com os dedos indicador e polegar se aproximando, demonstrando uma abertura. Imagem estática. #JF



Fonte: A pesquisa.

Figura 33 - A sequência de imagens ilustra um movimento com uma das mãos, para o lado, enquanto a outra mão permanece parada, demonstrando os raios que passam por uma janela. Imagem dinâmica. #IL



Fonte: A pesquisa.

De acordo com o que obtivemos na entrevista, essa “janela”, mencionada na própria pergunta, é parte de um *driver*, originado ao ler a questão e a observação da luz, aspecto de uma Mediação Psicofísica, subsidiada, posteriormente, por uma Mediação Cultural. Após explicar o que é solicitado, o A9 começa a expressar a sua concepção quanto aos conceitos que envolvem a sua ideia de luz. Inicia seu raciocínio afirmando o mecanismo de processamento externo responsável pela imagem da radiação eletromagnética que havia escrito nos testes e nota-se que o *driver* sobre a radiação eletromagnética não foi alterado.

A9: Radiação Eletromagnética eu vi em livros de física, de conteúdo do ensino médio normal e eu não cheguei a estudar nada acerca de campo magnético e eletromagnético, então a minha concepção de radiação eletromagnética é uma onda [#ON] que executa um movimento ondulatório. Eu sei que vi na tua aula que a oscilação eletromagnética seria a oscilação de um campo elétrico e um magnético. Mas para mim é simplesmente uma onda [#ON] de alguma característica que faz uma oscilação.

Figura 34 - A sequência de imagens indica um movimento com o dedo indicador, movimentando-o para cima e para baixo, demonstrando uma oscilação. Imagem dinâmica. #ON



Fonte: A pesquisa.

Dando sequência a sua explicação sobre a radiação eletromagnética, o estudante menciona, no pós-teste, “a mudança de direção e sentido” desta radiação. Quando questionado sobre a alteração da radiação, A9 também expressa uma ideia sobre os fótons - mencionados no pós-teste como: “[...] entende-se que a luz é uma partícula, o fóton, que se propaga no espaço e que é oriundo de uma fonte de luz.”

P: [...] você fala ali sobre a radiação ser composta por várias ondas eletromagnéticas que se deslocam em linha reta mudando a direção e o sentido somente quando atingem algum meio material. Ok, como você imagina isso?

A9: Pois é, se considera que a radiação eletromagnética é um fóton, a colisão de um fóton com um meio material [#CF] que é composto por átomos vai mudar a direção dele, podendo refletir, no caso de um objeto refletor e em um meio material como um vidro ou líquido somente vai alterar a direção de deslocamento do fóton [#DF]. Essa é a concepção que eu consigo imaginar, que a radiação do fóton, colidindo com os átomos vai mudar a direção e o sentido dele [#DSF].

P: Entendi, você estudou isso onde?

A9: Ah, eu vi no meu livro.

Figura 35 - A sequência de imagens indica um movimento com o dedo indicador, movimentando-o para o lado, chegando no meio do “caminho” e retornando, demonstrando a colisão de um fóton com o meio material. Imagem dinâmica. #CF



Fonte: A pesquisa.

Figura 36 - A sequência de imagens indica um movimento com os dedos, sutilmente, movimentando-os para baixo e retornando a posição inicial, indicando uma mudança de direção (de ângulo). Imagem dinâmica. #DF



Fonte: A pesquisa.

Figura 37 - A sequência de imagens indica um movimento com os dedos juntos, onde o aluno movimentava-os para o lado, demonstrando que muda a direção e o sentido dependendo do material. Imagem dinâmica. #DSF



Fonte: A pesquisa.

Combinando o discurso verbal e os gestos descritivos produzidos pelo estudante até aqui, constatamos a possibilidade de imagens mentais presentes na estrutura cognitiva do participante, com evidências de uma Mediação Cultural. É questionado qual seria a sua ideia sobre o fóton e ele afirma que: *“Um fóton para mim seria uma bolinha [#FT], uma partícula bem pequeninha que viaja em uma velocidade muito rápida, sempre em um movimento ondulatório, né [#ON]”* (A9).

Figura 38 - A imagem indica uma posição entre os dedos polegar e indicador, exemplificando uma esfera. Imagem estática. #FT



Fonte: A pesquisa.

A9: Eu imagino que a luz que sai do Sol, lá no espaço ainda, é uma mistura de vários fótons, de várias frequências diferentes, todo junto, essa mistura gera a luz branca e que ao passar pelas camadas da atmosfera, como vimos nos *slides*, alguns comprimentos de onda são refratados, sendo que outros seguem o percurso [#PE], até atingir a superfície do planeta. E assim vai se dividindo as camadas [#CA].

Figura 39 - A imagem ilustra o discurso verbal do aluno que representa, com as duas mãos um percurso em linha reta. Imagem estática. #PE



Fonte: A pesquisa.

Figura 40 - A sequência de imagens indica um movimento com uma das mãos indo para baixo, como se mudasse de “camada” conforme o fenômeno acontece. Imagem dinâmica. #CA



Fonte: A pesquisa.

A figura 23 é mencionada durante a entrevista. Ao mencionar outras características do comportamento da luz, identifica-se a presença de imagens mentais povoando a estrutura cognitiva do estudante. Com o intuito de identificar o que as originou, o estudante descreve todo o fenômeno estudado.

A9: [...] refração é quando um feixe de luz de um determinado comprimento de onda passa por um meio material e a sua direção de deslocamento [#DF] muda da original. Vai ocorrer um ângulo [#AN] de refração que já é estudado na física do ensino médio e isso é a refração: mudança de direção de um feixe de luz. Como vimos no experimento, o CD seria um tipo prisma.

P: Como que tu imaginas a refração acontecendo nesse “prisma”?

A9: A luz que vem do sol é a branca e quando ela passa pelo prisma cada comprimento de onda, cada radiação com um comprimento de onda característico refrata de uma maneira diferente das outras. Por conta disso, o vermelho refrata menos que o violeta, eu acho, e por conta disso eles vão incidir [#PO] no aparato em posições diferentes, criando um arco-íris.

Figura 41 - A sequência de imagens indica um movimento com o dedo indicador para cima e para baixo, ilustrando a incidência de ângulos diferentes. Imagem dinâmica. #AN



Fonte: A pesquisa.

Figura 42 - A sequência de imagens indica vários pontos indicados com um dos dedos, demonstrando que os comprimentos de onda estarão localizados em posições diferentes. Imagem dinâmica. #PO



Fonte: A pesquisa.

Após A9 expor a sua imagem do que seria o mencionado fóton e as características da luz, é solicitado que ele identifique se existe um local, anterior as atividades, em que visualizou o que foi descrito (por exemplo, uma aula), relatando que: *“Vi mais no livro, mas também lembro de alguma aula sobre reflexão e dos teus slides”* (A9). Finalizando a questão da concepção do estudante sobre o que é a luz, A9 exemplifica que: *“[...] eu acho que o mais aceitável é que é uma partícula de massa muito desprezível e que se comporta como uma onda executando um movimento ondulatório [#ON]. E por conta disso vai apresentar características dos dois”* (A9).

A partir das imagens mentais identificadas pela análise do discurso verbal e gestual, podemos tornar explícito as Mediações que originaram os *drivers* utilizados ao relatar seu pensamento sobre a luz. Entendemos que a imagem de um fóton é de forma “esférica”, como visto no livro utilizado, atribuído ao movimento “ondulatório”. Dessa forma, analisamos que A1 primeiro usou a Mediação Psicofísica para obter uma imagem geral do que estava sendo proposto (a janela com luz visível), com base na imagem produzida se apoiou, principalmente, na Mediação Cultural (o livro) e, em seguida, complementou as suas ideias com Mediações Hiper culturais (os *slides*) e Sociais (algumas aulas). Exemplificando o que estava sendo exposto através de Mediações Psicofísicas, como nos momentos em que cita o “CD” e o “arco-íris”. Portanto, fez uma união dos diferentes tipos de Mediação para responder sobre o conceito de luz e estabelecer uma noção do conceito estudado.

Seguindo o protocolo adotado, após a leitura da segunda pergunta, - *“Explique, com suas palavras e desenhos, o que ocorre para que diferentes fontes de emissão luminosa apareçam, para nós, nas variadas cores: Por exemplo, uma lâmpada vermelha e uma azul.”* - solicita-se que o estudante descreva o que imaginou no momento que foi responder ao questionamento. Ao explicar o que pensou para elaborar a resposta, A9 começa a expressar a sua ideia referente aos diferentes comprimentos de onda que são emitidos por dois LEDs distintos:

A9: Quando eu fiz a pesquisa eu já sabia, do que foi visto, que uma fonte de luz, uma lâmpada ou led vermelha iria emitir apenas um feixe de luz com um comprimento de onda característico do vermelho enquanto um led azul iria emitir um comprimento de onda característico do azul, como foi visualizado no experimento. Estudei os comprimentos de onda para uma feira de ciências.

Ao ser questionado qual o mecanismo de processamento extracerebral que deu origem ao seu conhecimento sobre os comprimentos de onda, além da “feira”, A9 diz, novamente, que estudou através do livro. Para identificar a imagem que possibilitou o entendimento sobre o tema discutido, a pesquisadora pergunta como o estudante imagina este comprimento de onda: *“Eu penso na imagem, temos uma onda [#ON] e que o comprimento de onda é a distância entre dois pontos consecutivos [#CO], que vão se repetir no movimento oscilatório [#ON]”* (A9). Nota-se que o “LED”, proveniente de uma Mediação Psicofísica, foi mencionado por fazer parte da questão, auxiliando o aluno em sua resposta.

Figura 43 - A sequência de imagens indica um movimento com os dedos polegares e indicadores juntos, onde o aluno movimenta-os para o lado, demonstrando dois pontos de uma única onda. Imagem dinâmica. #CO



Fonte: A pesquisa.

Em seguida, o estudante relata o que imagina sobre a relação entre o comprimento de onda e a atividade experimental realizada na pesquisa. Ao exemplificar, apesar de estar se referindo a um comportamento ondulatório, trata a luz como se fosse um “feixe”.

A9: Eu imagino que, invariavelmente, um feixe de luz vermelho ao atravessar o CD [#VR] vai refratar em algum ângulo e vai incidir no aparato de alguma maneira. E um outro feixe de luz azul vai incidir sobre o mesmo CD e vai refratar em outro ângulo, característico de cada comprimento de onda. E a única diferença é que eles vão incidir individualmente, ou vermelho ou feixe azul, enquanto a luz do Sol tem todas as cores, mesmo padrão, até incidir no CD e todas se separarem [#SP].

Figura 44 - A sequência de imagens ilustra um movimento com uma das mãos, enquanto a outra mão permanece parada, indicando a separação das cores. Imagem dinâmica. #SP



Fonte: A pesquisa.

Pode-se notar a presença do discurso verbal casado com o gestual durante o processo de pensamento reportado por A9, evidenciando a criação de imagens mentais. O estudante é indagado sobre a origem dessas imagens, o qual relata que: “*Vi nas aulas de física e mais no livro mesmo*” (A9). Até este momento verificam-se a presença de uma Mediação predominante, a Cultural, que se comunica com a Psicofísica (no caso do CD) e com Social (aulas).

Antes de finalizar os comentários sobre a segunda questão respondida, a pesquisadora aponta para uma frase descrita na resposta do pós-teste - “Além disso, quanto maior o comprimento de onda, menor a frequência, esta que, por sua vez, é proporcional a energia do fóton que descreve o movimento, como mostra a equação: $E = hv$ ” - e questiona a origem desta ideia. O A9 responde que: “*Já trabalhei com ela para calcular a energia mínima de um fóton, sei isso. Vi aqui no meu livro, em sala de aula nunca vi*” (A9).

Com a análise deste tocante, percebemos que o estudante A9 constrói diferentes *drivers*, oriundos de mecanismos de processamento externos diferentes (Mediações) e internaliza-os, refletindo uma visão integrada, na qual o mecanismo de processamento externo Cultural se comunica com o processamento externo psicofísico e/ou Social simultaneamente ao relatar o fenômeno estudado. Sendo assim, A9 produz uma faceta tripla de três tipos diferentes de Mediação para descrever o processo de pensamento utilizado quando foi responder à questão.

Começando a análise de raciocínio demonstrada pela A9, ao revelar o que imaginou para responder a terceira questão dos testes - “*Explique, com suas palavras e desenhos, o que*

ocorre para que diferentes objetos apareçam, para nós, nas variadas cores: Por exemplo, uma camisa vermelha e um copo azul". Neste caso, o estudante apresenta uma visão geral da própria questão, sugerindo que imagina uma camiseta.

A9: Uma camiseta branca, aquela que reflete todas as cores, inclusive quando vem um feixe de luz branca [#BR] ela vai refletir todas as cores e vamos enxergar branca. Em uma camiseta amarela ela vai chegar e absorver as demais, refletindo o amarelo. Em uma camiseta vermelha, quando ela recebe um feixe de luz branca, ela vai absorver grande parte das cores e vai refletir o comprimento de onda característico do vermelho. Por conta dessa característica, quando a gente coloca uma luz de cor azul a camiseta vermelha vai absorver todo o azul e não vamos enxergar nada. Ela se tornará preta.

P: Já tinha visto isso em algum lugar?

A9: Esta parte que é assim, tipo, mais visual não. Tem o experimento dos corantes, que tudo consegui prever o que iria ver. E essa parte tinha nos *slides* e no simulador das cores, né.

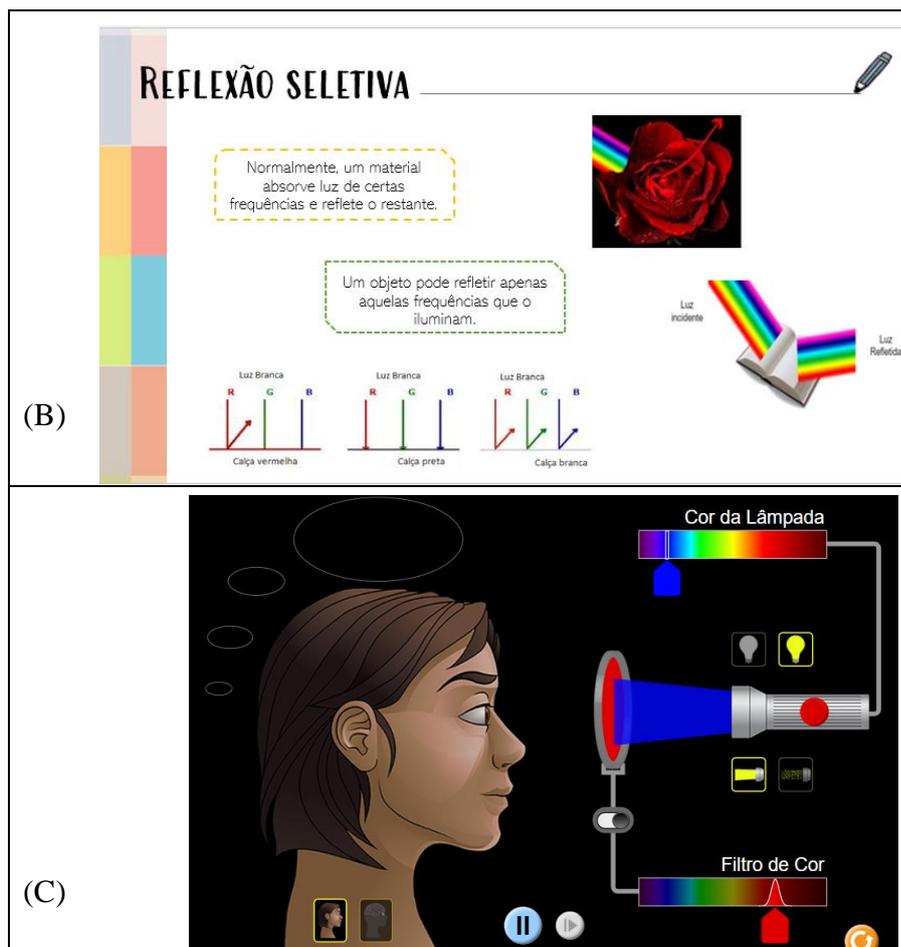
Figura 45 - A sequência de imagens ilustra um movimento com uma das mãos, a qual o estudante movimentava para o lado e em seguida abre os dedos, indicando um feixe de luz branca que possui todas as cores. Imagem dinâmica. #BR



Fonte: A pesquisa.

Quadro 7 – (A) Foto dos corantes. (B) Imagem retirada dos slides apresentados. (C) Imagem proveniente da Simulação de cores. Imagens relatadas por A9



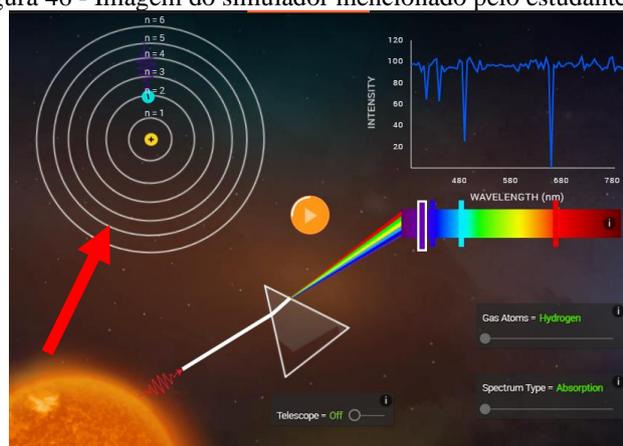


Fonte: A pesquisa

Percebe-se que o estudante consegue imaginar a ideia do problema proposto, mesmo sem haver uma explicação aprofundada. De forma que, o aluno possui imagens mentais dos objetos físicos e consegue narrar a trajetória percorrida pela luz branca, agora descrita e imaginada como um feixe, sendo a mesma absorvida ao passar por materiais coloridos. Seguindo com a entrevista, avaliando o pensamento de A9 ao explicar o fenômeno, investiga-se como ele explicaria o que está sendo imaginado, narrando que:

A9: O que eu penso imediatamente é que o elétron absorve a radiação, como falei, fica no estado excitado, mas quando penso nisso, logo penso “se ele está no estado excitado, vai ter que voltar ao estado fundamental e vai emitir novamente o mesmo comprimento de onda eu acho”. E daí no caso iríamos ver todas as cores. Não entendo bem, se ocorre ao mesmo tempo, mas sei que tinha algo lá naquele simulador, era bem rápido o processo. Não sei explicar, entendo o que acontece apenas, tipo, no feixe. [...] me parece que não tem ganhos ou perdas e nós vamos continuar vendo verde porque ele absorveu e emitiu.

Figura 46 - Imagem do simulador mencionado pelo estudante A9.



Fonte: A pesquisa.

Investigando os últimos trechos, com base nas atividades realizadas unidas aos discursos verbal e gestual (não tão evidente na terceira questão), percebe-se que A9 se apropria de imagem das camisetas, *driver* oriundo de uma Mediação Psicofísica, para demonstrar a trajetória da luz branca e o que acontece ao atingir os objetos. Identificamos a interação do mecanismo de processamento externo psicofísico (camisetas e experimento) com o mecanismo Hipercultural (simulador de cores e *slides* propostos), os quais juntos formam uma representação para A9 no momento de expor sua ideia sobre a absorção, ainda que possua dificuldades em entender como o fenômeno acontece.

Nota-se que, para o aluno A9, a Mediação Cultural é essencial para suas explicações e ideias acerca dos fenômenos. De maneira que, conforme ele mesmo relata durante a entrevista, a pesquisa auxiliou na visualização dos conceitos já estudados, possibilitando um aumento em suas imagens mentais sobre o tema. A9 relatou que já foi aprovado nas Olimpíadas de Química do Rio Grande do Sul e estava na Nacional, identificando que seu interesse pelo assunto era oriundo das competições.

O estudante A9 realizou 32 gestos descritivos ao longo da entrevista, sendo 24 gestos descritivos diferentes, ou seja, sem repetição. Destes, 8 foram classificados como estáticos (situações ou objetos parados) e 16 dinâmicos (situações em movimento).

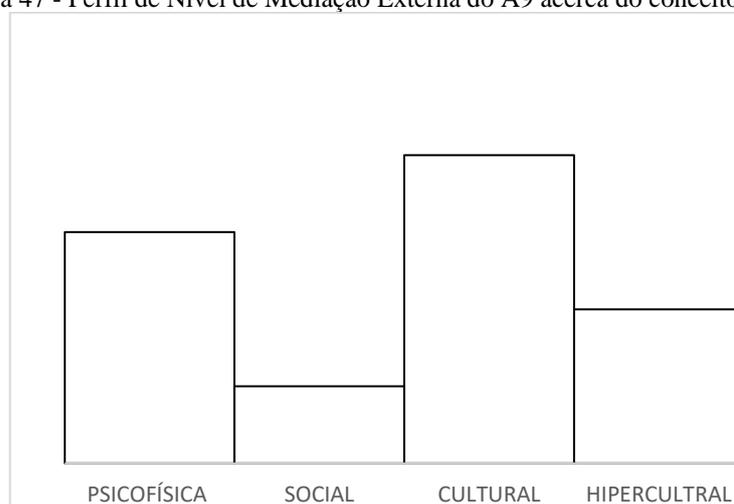
5.1.1 Traçando o perfil de nível de Mediação externo do Grupo C

Investigando as zonas de Mediação explanadas pelos estudantes, após a realização das atividades solicitadas, esboça-se a proposta de construção exploratória do Perfil de Nível Mediação Externa dos alunos em relação aos conceitos de espectroscopia abordados na pesquisa. Construção exploratória do Perfil discutido ao longo do referencial teórico.

O delineamento do Perfil de Nível de Mediação Externa iniciará com a análise do estudante A9 para os conceitos de luz, cor – emissão e cor – absorção, respectivamente, até o perfil geral do aluno (grupo). O mesmo ocorrerá para os outros alunos. No eixo das abcissas, são indicadas as Mediações sucessivas e, no eixo das ordenadas, um valor que corresponde à frequência efetiva com que tal Mediação é expressa pelo estudante a respeito da sua noção de cada conceito.

A Mediação que se mostra mais representativa para a formação de ideia do A9 com relação ao conceito de luz, é a Mediação Cultural. Seguido da Psicofísica, Hipercultural e, por último, Social, conforme a figura 47 mostra.

Figura 47 - Perfil de Nível de Mediação Externa do A9 acerca do conceito de luz.



Fonte: A pesquisa

Justificam-se essas Mediações apontadas retomando as ideias relatadas pelo A9. A Mediação Cultural se sobressai nas diversas explicações em que o aluno utiliza termos ou expressões que ele mesmo aponta não ter visto em sala de aula, apenas nas suas leituras. A própria imagem de fóton esférico, que fica bastante evidente em seu discurso, é proveniente de um livro, assim como as outras características do fenômeno.

A Mediação Psicofísica vem da imagem da janela, que a própria questão induziu, e para essa imagem surgem as diferentes Mediações com as explicações propostas pelo aluno. Como é o caso da Mediação Cultural, com a qual ele consegue construir o *driver* que dá origem ao fóton, seu movimento (comportamento) e a radiação eletromagnética, visualizada em livros e nos *slides* (Hipercultural), temas centrais para desenvolver a ideia de luz no estudante. As características da onda e a radiação, são apontadas como visualizadas nos *slides* da pesquisa, provenientes de uma Mediação Hipercultural. Apesar de mencionar algumas aulas de física, a

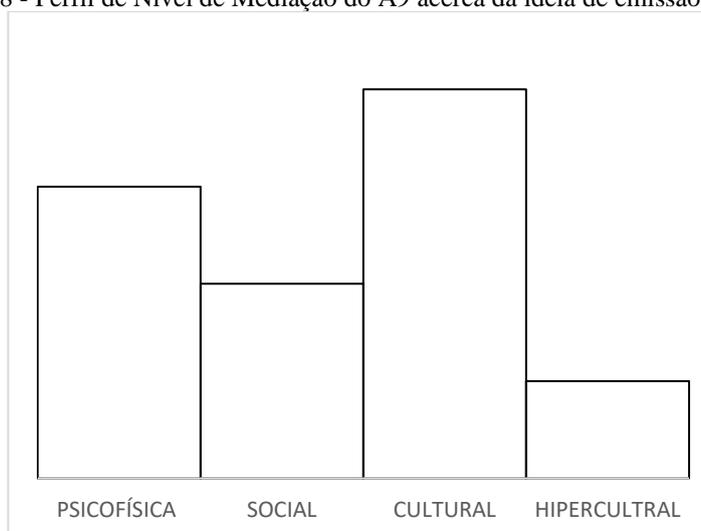
Mediação Social, para formar uma ideia do conceito de luz, é a Mediação que menos se sobressai no discurso

Delineando o Perfil de Nível de Mediação Externa do estudante A9 para o conceito de cor (emissão), percebe-se que o mecanismo de processamento externo em destaque no seu discurso é, novamente, o Cultural que conversa com outras duas Mediações (Psicofísica e Social) em determinados momentos para exemplificar conceitos específicos das atividades expostas. A maioria das representações são provenientes de Mediações Psicofísicas, como é o caso do experimento (CD), os LED's (também encontrados no experimento) e a feira. Mas para explicar as situações lembradas ou imaginadas, o estudante recorre ao livro estudado.

Analisa-se que, mesmo que as Mediações Cultural e Psicofísica tenham surgido em momentos diferentes, há uma exposição maior da Mediação Cultural. As imagens do comprimento de onda, refração, ângulo e representações que concentram um maior número de menções, são provenientes dos livros. Apesar de ser citada, também ao revelar as características da onda, a Mediação Social pouco se destaca. A base para entender o que foi estudado, após a utilização do computador (pesquisa/simulação) e o aplicativo, está no mecanismo Cultural, que oriunda *drivers* bastante citados e que fazem parte do conceito de cor.

Para a Mediação Psicofísica estar dentre o Perfil de Nível de Mediação Externa se dá pela evidência de uma imagem dos LED's e CDs, utilizados no experimento e manipulados por A9. Ao mencionar o experimento, poderíamos imaginar que o mecanismo de processamento externo Hiper-cultural estaria presente, porém, como não há relatos direto ao celular, não se identifica a formação de imagens mentais oriundas da Mediação Hiper-cultural.

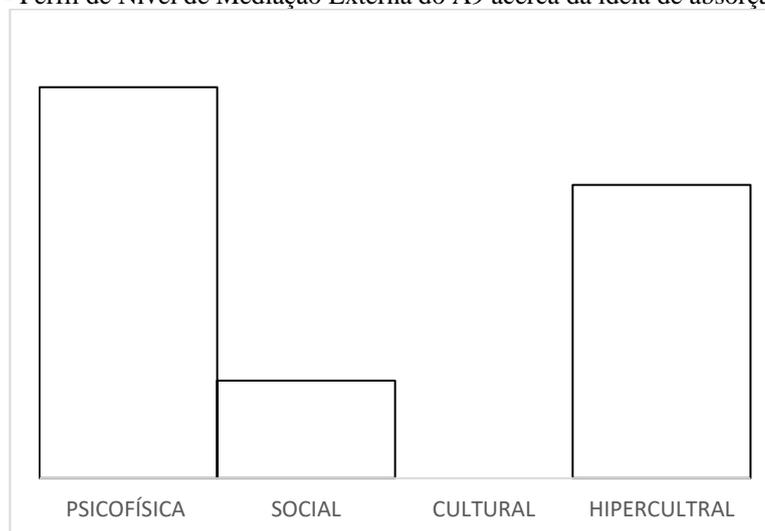
Figura 48 - Perfil de Nível de Mediação do A9 acerca da ideia de emissão



Fonte: A pesquisa

Com relação à pergunta sobre absorção (pergunta três), por mais que a utilização de duas Mediações combinadas deram origem aos *drivers* mencionados por A9, o mecanismo Psicofísico, seguindo o objetivo da pesquisa, se mostrou mais determinante para o desenvolvimento das imagens mentais.

Figura 49 - Perfil de Nível de Mediação Externa do A9 acerca da ideia de absorção

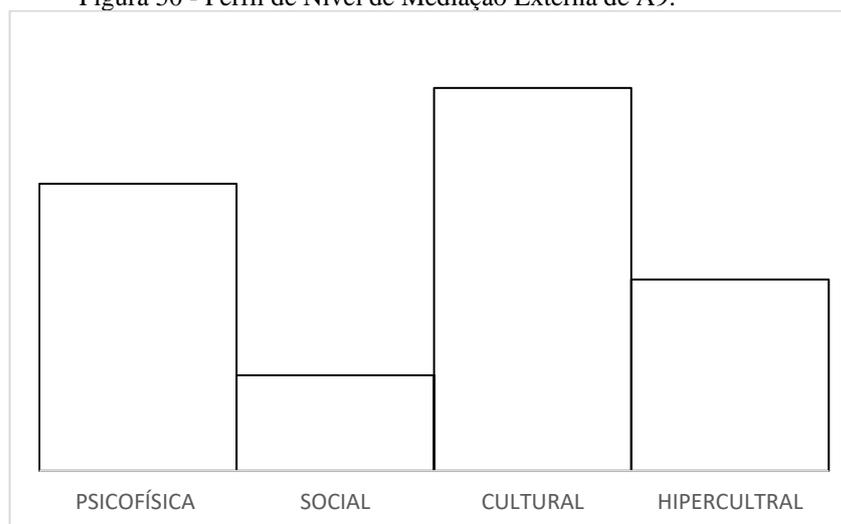


Fonte: A pesquisa

As imagens provenientes da Mediação Hipercultural se limitam aos simuladores e *slides*, sem mencionar a tela do celular. Se fez de grande importância para o entendimento das diferentes cores e exemplos de características da luz. O que permite a visualização do conceito é o meio físico e, portanto, que possibilita um maior repertório de *drivers* citados, o que fica evidente nos gestos produzidos.

Como já foi detalhado cada perfil, identifica-se abaixo o quadro geral do estudante A9 (figura 50). Ao analisar o Perfil de Nível de Mediação Externa para as questões elaboradas, percebe-se que a Mediação Cultural, mesmo não sendo evidenciada na terceira pergunta, é o mecanismo mais citado pelo estudante e que permite a maior construção de imagens mentais. Tendo bastante relevância nas explicações do aluno.

Figura 50 - Perfil de Nível de Mediação Externa de A9.



Fonte: A pesquisa.

Em seguida, tem-se a Mediação Psicofísica, ou seja, interação com o ambiente, presente nas três questões. Passando para o mecanismo Hipercultural, com bastante relevância em duas das três perguntas e que permite a visualização dos fenômenos trabalhados. E, por fim, a Mediação Social é a que menos se destaca e fica presente em alguns determinados momentos em que A9 faz menção a algumas aulas do Ensino Médio.

5.1.2 Concepção de luz do Grupo C

Analisando as respostas dos estudantes, identificamos que os participantes da pesquisa possuem diferentes concepções sobre a natureza da luz (o que é a luz e seu comportamento) e, ainda, nota-se que uma mistura dos modelos sobre a luz ao explicar os diferentes fenômenos estudados ao longo da pesquisa. Quatro categorias foram criadas a partir das explicações de cada estudante ao longo da entrevista: (I) Modelo de onda; (II) Modelo de partícula; (III) Modelo de raio ou feixe e (IV) Modelo híbrido. Na tabela abaixo encontra-se a explicação para cada modelo identificado.

Tabela 1 - Sistema de categorização

Modelos	Explicação
---------	------------

(I) Modelo de onda;	Luz como uma onda. Nesta categoria, são incluídos os estudantes que apontam e explicam alguns fenômenos relacionados com a luz, imaginando-a como uma onda. Alguns estudantes, ao se referirem à onda, associam a forma de propagação no meio a uma perturbação ondulatória produzida em uma corda. Nesta categoria, podem ser incluídos os alunos que falam e explicam algumas características do comportamento ondulatório da luz ou não.
(II) Modelo de partícula;	Nesta categoria foram incluídas as respostas dos estudantes que reconhecem a luz como se fosse constituída de partículas, com ou sem apresentar a ideia de fótons.
(III) Modelo de raio, feixe ou linhas;	Luz como “alguma coisa” que é emitida por uma fonte luminosa, uma cópia da realidade. Nesta categoria, podem ser incluídos os estudantes que falam de algumas características da luz, como a sua velocidade, dispersão da luz branca, reflexão ou refração, sem muitas explicações.
(IV) Modelo híbrido.	Ao expressarem o seu entendimento sobre o comportamento dual da luz, os estudantes não reconhecem uma distinção entre os modelos ondulatório e corpuscular, sendo estes vistos como um só, associando simultaneamente elementos de onda e de partícula. Outra situação presente nesta categoria, é quando, em um momento, o estudante explica através de partículas e em outro por ondas, expressando haver conexão entre os modelos, apontando ou não que a luz pode se comportar de duas formas diferentes. Ou ainda, quando explicam o fenômeno imaginando uma onda e o MESMO fenômeno imaginando uma partícula.

Fonte: A pesquisa.

O sistema categórico aqui apresentado não leva em consideração a evolução histórica dos modelos sobre a natureza da luz ou as inconsistências presentes nas concepções dos estudantes referentes aos modelos científicos da luz. Identificamos a concepção do estudante sobre o comportamento da luz para explicar determinados fenômenos, seguindo o protocolo da entrevista, ou seja, aquilo que o estudante imagina. Por exemplo, a estudante A1, pertencente ao Grupo P, ao falar sobre a luz, relata que: “[...] são ondas, claro, eu entendo isso. Só que acabo imaginando como um raio, como se fosse um holofote”. Neste caso, ela se enquadra no Modelo III, de raio, feixe ou linhas, já que usa (imagina) esta ideia para explicar os fenômenos ao longo da entrevista.

Em relação à compreensão apresentada por A9 diante dos fenômenos observados, percebe-se que o estudante mistura diferentes modelos de luz ao exemplificar o que estava sendo imaginado. No primeiro momento, para falar sobre a luz, utiliza a ideia de partículas (fótons) que se movimentam e possuem um comportamento ondulatório, simultaneamente.

Ao relatar sobre a emissão luminosa, relembra a ideia de comprimento de onda e, apesar de mencionar os feixes de luz que são oriundas de diferentes LEDs, no pós-teste, escreve a equação da energia de um fóton. Ou seja, utiliza um modelo de feixe para demonstrar o que estava imaginando, sem abandonar a ideia de partículas, visto em momentos distintos.

Nos dois momentos, o estudante apresenta a concepção de um Modelo Híbrido para a luz. E, para o último fenômeno observado, há indícios de que o estudante se apoia no experimento que realizou para desenvolver as suas explicações, visto que ele relata o fenômeno observado ou pensado (no caso das camisetas), apontando que ainda é difícil entender como o processo se desenvolve no átomo. Portanto, suas exemplificações se aproximam do Modelo III de feixe.

5.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO GRUPO H

No Grupo H, identifica-se a Mediação Hiper-cultural como a mais relevante para a criação dos *drivers* que dão origem as simulações mentais dos estudantes pertencentes ao grupo, no momento de responder ao que é questionado na última etapa da pesquisa. As evidências estão expostas a seguir, na análise gestual combinada com o discurso verbal, e, principalmente, no esboço do Perfil de Nível de Mediação Externa.

Representando o Grupo H, composto por 7 estudantes, apresenta-se o aluno A11. Assim como o estudante A9, A11 entrou em contato com a pesquisadora, via WhatsApp, indicando interesse em realizar as atividades da pesquisa e também se destacou por ser um aluno bastante comunicativo/explicativo durante a entrevista.

Observando as respostas do estudante A11 para o conceito de luz, ainda no pré-teste, é identificado que o aluno possuía uma imagem mental, proveniente do ambiente fornecido pela própria pergunta inicial – *“Dada uma situação em que uma janela aberta permite a passagem de luz solar, a qual incide em uma parede. Explique, utilizando palavras e desenhos, o que é luz?”* – e a sua ideia de luz era a “claridade” oriunda do Sol:

A11: Eu visualizei uma parede, como essa (aponta para parede), aqui antes uma janela [#JA], onde batia o Sol e o Sol aqui passava [#SO], ele fazia uma sombra, da própria janela, e daí o que eu podia enxergar ali, da claridade do Sol, era o que eu entendia como luz.

Figura 51 - A imagem ilustra um gesto realizado pelo estudante que apoia uma das mãos na parede, deixando a outra aberta a uma certa distância, simbolizando a janela. Imagem estática. #JA.



Fonte: A pesquisa.

Figura 52 - A sequência de imagens ilustra um movimento que inicia com uma das mãos encostada na parede e a outra sendo movimentada para o lado, em direção à primeira. Imagem dinâmica. #RA.



Fonte: A pesquisa.

Percebe-se que a imagem mental está apoiada na pergunta realizada, evidenciando uma Mediação Psicofísica. Seguindo na mesma questão, o aluno é questionado se já havia visualizado a ideia de luz antes de participar das etapas da pesquisa, respondendo que: *“Não. Só tinha visto muito por cima. Eu até imaginava a onda, imaginava que fosse [#OS] só assim, mas não tinha a noção, depois que eu fui ver que era eletromagnética. Eu sabia que era uma onda, mas não que fosse do jeito que depois a gente viu na tua pesquisa”* (A11).

Figura 53 - A sequência de imagens ilustra o movimento com uma das mãos se mexendo para baixo e para cima, rapidamente, representando uma oscilação. Imagem dinâmica. #OS.



Fonte: A pesquisa.

Para a mesma questão, no pós-teste, o estudante escreveu: “A luz são as ondas eletromagnéticas, neste caso, provenientes do sol. No caso essa luz é branca pois possui em sua composição todas as cores do espectro visível somadas”. Buscando entender a imagem mental que povoou a estrutura cognitiva do estudante no momento de responder a questão e a sua origem, A11 é interrogado sobre o “espectro visível” mencionado.

A11: Hum, bom, tem vários tipos de comprimento e de frequências de onda, de ondas eletromagnéticas. Algumas que são bem longas e pouco frequentes, outras mais curtas, mas muito frequentes e essas são as mais ionizantes, a gente não enxerga elas...

E o mesmo acontece antes, também não enxergamos. Mas ali, no meio termo [#ES] fica o espectro que é o pedaço de todo esse espectro maior, um pedaço dele tem emissões visíveis a olho nu, conseguimos enxergar de alguma determinada cor. Aqui no começo [#CO] é mais vermelho e depois até o final do espectro vai ser mais para o violeta. Então, as frequências [#ON] e comprimentos de onda que passam no espectro, nesse espaço [#ES] são do espectro de luz visível que são as ondas eletromagnéticas que nossos olhos são capazes de enxergar.

P: [...] onde você visualizou isso?

A11: Em aulas, né, a ideia das ondas, mas o resto na pesquisa e no celular.

Figura 54 - A imagem ilustra um gesto realizado pelo estudante que deixa as palmas das mãos viradas uma para a outra, pouco afastadas e flexiona levemente os dedos, indicando algo no meio. Imagem estática. #ES.



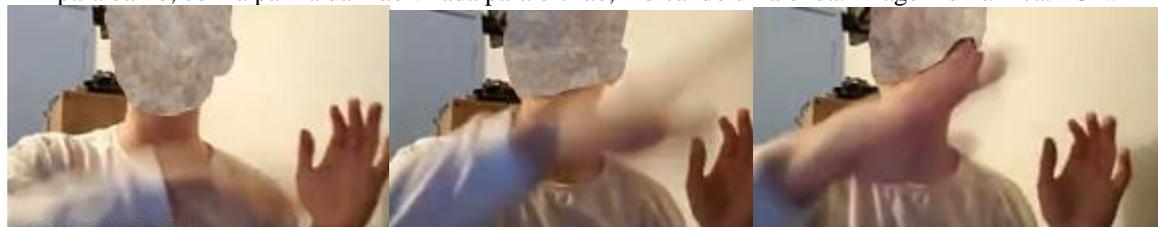
Fonte: A pesquisa.

Figura 55 - A sequência de imagens ilustra um movimento com o dedo mindinho indo de um ponto (mão parada) até um momento em que diz ser o final do espectro visível, indicando a posição das cores. Imagem dinâmica. #ES



Fonte: A pesquisa

Figura 56 - A sequência de imagens ilustra um movimento com um dos braços se movimentando para cima e para baixo, com a palma da mão virada para o chão, indicando uma onda. Imagem dinâmica. #ON.

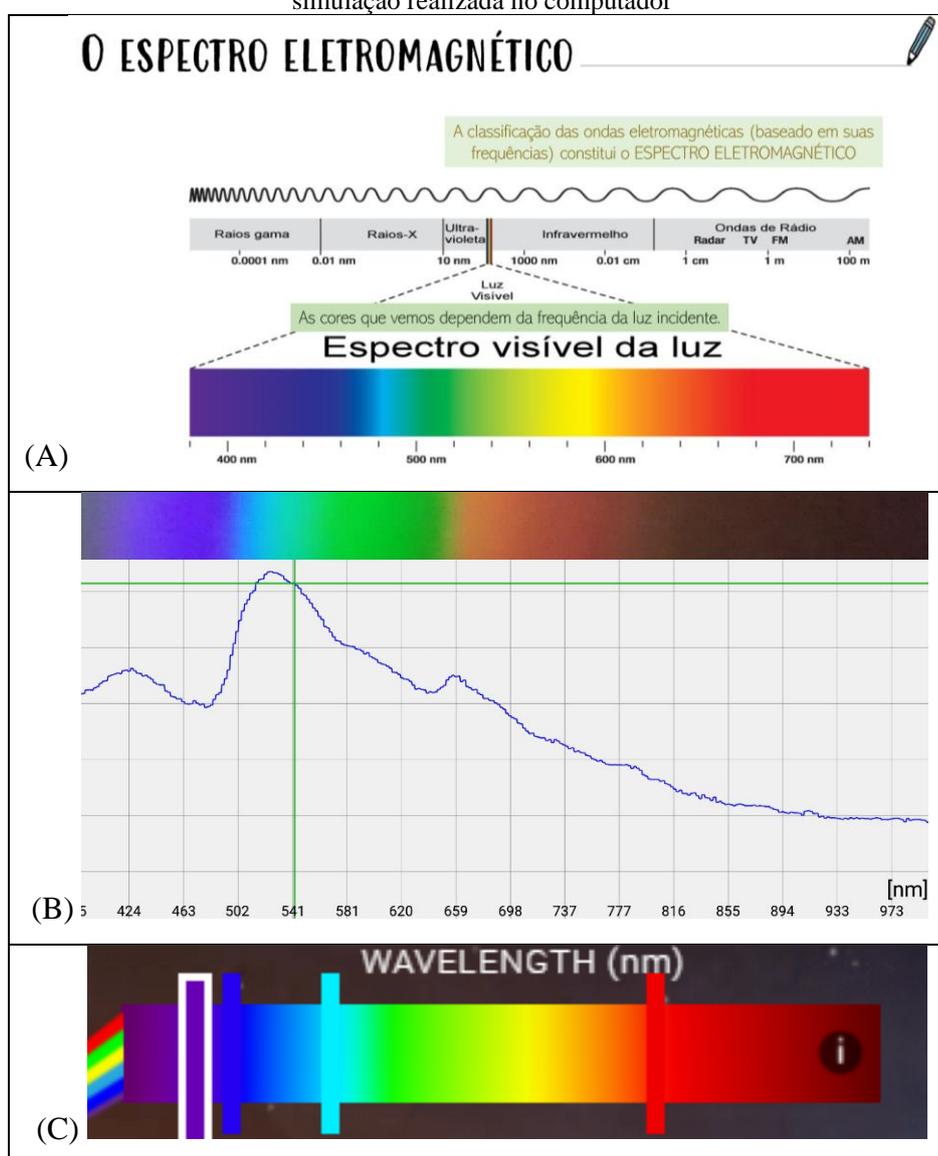


Fonte: A pesquisa

Nota-se agora o surgimento de novos *drivers* que rodeiam o conceito de luz, antes imaginado como uma “claridade”, como a ideia de comprimento de onda, frequência, emissão e, principalmente, o espectro visível da luz. O estudante não menciona um momento específico da pesquisa que tenha observado o espectro visível oriundo de uma luz branca, apenas cita alguma aula em que estudou o conceito das ondas (Mediação Social) e “a pesquisa e o celular”.

Pelo conjunto das ações do aluno, foi identificado evidências de uma Mediação Hipercultural, visto que a pesquisa foi realizada de forma remota e A11 aponta o celular como um dos mediadores. Na figura abaixo identificamos os momentos, com exceção dos vídeos vistos através da plataforma do *YouTube*, que podem ter influenciado na criação da imagem mental referente ao espectro visível da luz (Figura #ES), conceito fundamental para explicar sua ideia de luz.

Figura 57 - (A) Imagem retirada de um dos slides utilizados na pesquisa e que também estava presente nos guias. (B) Imagem do aplicativo utilizado (durante a análise de uma luz branca). (C) Imagem proveniente da segunda simulação realizada no computador



Fonte: A pesquisa.

A partir das imagens mentais identificadas pela análise do discurso verbal e gestual, utilizadas ao relatar seu pensamento, a entrevista foi conduzida de forma que o estudante pudesse relembrar o que foi feito no experimento com o celular – aparelho mencionado

anteriormente. Para isso, solicita-se que A11 explique como ele imaginou o processo que tornou possível a visualização do espectro oriundo da luz branca.

A11: [...] liguei a câmera, mirei em direção a luz branca com o intuito de que quando viesse a luz, passasse só a branca no tubo [#TB], daí no celular passaria por uma espécie de prisma que seria o CD, que vai decompor as ondas eletromagnéticas em diferentes cores devido a diferença da velocidade do meio. E por isso, poderíamos ver, os feixes das demais cores do espectro visível, como se fossem arco-íris.

Figura 58 - A imagem ilustra um gesto realizado pelo estudante em que uma das mãos representa o início do tubo (onde entra a luz) e a outra, com os dedos próximos ao polegar, indica o cd. Imagem estática. #TB.



Fonte: A pesquisa

P: Muito bem. Você falou do CD, da diferença de velocidade, como você imagina esse processo?

A11: Essa... É a refração, né. Ela vai ocorrer, por exemplo (o aluno pega uma caneta para representar a mudança de meio), imagina que aqui tem uma divisão [#DI], em baixo tem água e em cima a atmosfera como a gente tem que é a velocidade da luz praticamente. Então, quando vier aqui [#LZ], a luz está vindo aqui, imagina que ela é grossa assim [#LG], aí ela vai bater e essa parte aqui de baixo (dedos) ela sempre vai encostar primeiro na água, mas como na água ela vai ser mais lenta [#LA] a parte de cima (dedo de cima) tende a ficar mais tempo fora da água, onde é mais rápido, e por isso ela vai ultrapassar a de baixo que já está em um meio que se propaga mais lentamente e por isso ela tende a fazer isso daqui [#LL].

Ela vem assim [#L] e vai acabar ficando assim, um pouco mais vertical, e o mesmo aconteceria no oposto se ela viesse assim [#LO] e fosse mais rápido, ela iria inclinar mais.

Figura 59 - A seqüência de imagens ilustra a representação do aluno sobre a mudança de meio (caneta posicionada na horizontal), movimentando um lápis para baixo e, em seguida, para cima da caneta, mostrando diferentes meios (água e ar). Imagem dinâmica. #ES



Fonte: A pesquisa.

Figura 60 - A seqüência de imagens ilustra a representação do aluno sobre a luz (lápiz) que se aproxima de uma mudança de meio, no caso, fica próxima a superfície da água. Imagem dinâmica. #LZ



Fonte: A pesquisa.

Figura 61 - A seqüência de imagens ilustra a representação do aluno sobre a luz que se aproxima de uma mudança de meio. Com os dedos indicador e médio simula um feixe de luz que vai entrar em contato com a água. Imagem dinâmica. #LG



Fonte: A pesquisa.

Figura 62 - A imagem ilustra um gesto realizado pelo estudante que representa a mudança de velocidade de um feixe de luz ao entrar em contato com a água. O dedo médio “encosta” primeiro na superfície, tendo sua velocidade diminuída. Imagem estática. #LA.



Fonte: A pesquisa.

Figura 63 - A sequência de imagens ilustra o momento em que a luz “entra” na água. Com os dedos anelar, médio e indicador, o aluno ultrapassa a caneta posicionada na horizontal, com uma certa inclinação, demonstrando como ocorre a mudança de meio. Imagem dinâmica. #LL



Fonte: A pesquisa.

Figura 64 - A sequência de imagens ilustra a representação do aluno sobre a luz que se aproxima de uma mudança de meio. Com o dedo indicador, se movimentando em direção a caneta, representa a mudança de velocidade da luz. #L



Fonte: A pesquisa.

Figura 65 - A sequência de imagens um movimento com uma das mãos, com a palma virada para cima, subindo, em direção a caneta e, ao passar, se inclinada para o lado ainda mais, indicando a mudança de meio. Imagem dinâmica. #LO



Fonte: A pesquisa.

Pode-se notar a presença do discurso verbal casado com o gestual durante o processo de pensamento reportado por A11, evidências da criação de (várias) imagens mentais. O estudante explica todo o processo que estava imaginando e, ainda, constrói exemplos sobre o fenômeno observado. Como o relato é sobre o experimento realizado com o celular, as Mediações Psicofísica e Hiper cultural são notórias, devido ao ambiente fornecido. Para compreender melhor o que possibilitou o desenvolvimento da exemplificação, o estudante é indagado sobre a origem dessas imagens, o qual relata que: “[...] em aulas eu acho, não lembro quais, física ou química, e tipo, entendi melhor quando você fala do meio material e a luz, interação, né. Tipo do céu azul, os raios se refratando...” (A11). Verificam-se a presença de

duas Mediações diferentes, a Social e a Hiper-cultural, esta última proveniente da figura 23, retirada dos *slides* da pesquisa.

Em todos os momentos relacionados a primeira questão, o estudante constrói suas explicações partindo de explicações com características ondulatórias ou de feixe atribuídas a luz. Antes da entrevista prosseguir para a pergunta seguinte, A11 é questionado sobre a sua ideia de luz, mencionando que a imagina como onda por ser algo mais “presente” para ele:

“Eu ainda tenho uma maior tendência a imaginar como onda, talvez estudando mais a física moderna, talvez quântica, comece a ficar mais simples pensar no fóton. Por enquanto ainda vejo como onda eletromagnética. Tipo raio-x, infravermelho, ultravioleta que os cientistas usam para ver pegadas e tudo mais, ainda é algo que parece mais presente, ao menos na minha cabeça que recorre mais a essa interpretação.

Começando a análise de raciocínio demonstrada por A11 ao responder a segunda questão - *“Explique, com suas palavras e desenhos, o que ocorre para que diferentes fontes de emissão luminosa apareçam, para nós, nas variadas cores: Por exemplo, uma lâmpada vermelha e uma azul”*. No pré-teste, o estudante informa que não sabe muito sobre o conteúdo e, portanto, não descreve o que imaginou. Já quando questionado em relação ao pós-teste, A11 faz um comparativo entre a emissão luminosa proveniente de diferentes elementos e o CPF, escrevendo que:

“Diferentes elementos da tabela periódica possuem diferentes características e, portanto, sua emissão de luz abrange cores diferentes do espectro visível. Inclusive isso pode ser usado como um identificador do tipo de átomo de alguma coisa, pois as cores do espectro de luz visível que cada elemento absorve e emite é padronizada, como se fosse um CPF” (A11, resposta do pós-teste).

Prosseguindo com a investigação, indaga-se A11 sobre o que ele imaginou ao responder a segunda questão do pós-teste, com o objetivo de averiguar o mecanismo de processamento externo utilizado. Neste momento, A11 responde que pensou na simulação (figura 46) realizada na quinta etapa da pesquisa.

A11: Aquela simulação que fizemos, que daí emitia a luz do Sol nele e daí tu via a absorção fazendo com que o elétron [#AB] fosse mais para o exterior da eletrosfera e depois para emitir ele [#EM] voltava para a posição de origem, emitindo luz. Então, nesse sentido, cada átomo da tabela periódica vai ter um comportamento diferente e vai absorver ou emitir diferentes ondas eletromagnéticas. Com isso, a gente tem como fichar tudo e saber de cabeça “ah, ta emitindo tal e tal cor, comprimento de onda, é

porque aqui existe tal e tal elemento químico”, cada elemento químico tem sua própria característica como se fosse um CPF que coloquei no teste (no sentido de cada pessoa brasileira ter a sua identificação). Cada elemento da tabela vai ter sua característica de absorção ou emissão. Podendo ser um instrumento de identificar alguma coisa.

Figura 66 - A sequência de imagens ilustra um movimento que inicia com uma das mãos parada, formando um semicírculo com os dedos, enquanto a outra se movimenta “para fora”, para cima, indicando a posição do elétron durante uma absorção. Imagem dinâmica. #AB.



Fonte: A pesquisa.

Figura 67 - A sequência de imagens ilustra um movimento que inicia com uma das mãos parada, formando um semicírculo com os dedos, enquanto a outra se movimenta “para dentro”, para baixo indicando a posição do elétron durante a emissão. Imagem dinâmica. #EM



Fonte: A pesquisa.

Diante da fala do aluno, percebe-se o surgimento de *drivers* oriundos da atividade computacional, uma simulação, onde o estudante selecionava as cores e observava os fenômenos da absorção e/ou emissão acontecendo em um átomo. A evidência da criação das imagens mentais, provenientes das Mediações Hiper-cultural (simulação) e Cultural (tabela periódica), pode ser percebida através dos discursos verbal e gestual produzidos por A11. Após o relato, o estudante segue explicando o processo que ocorre (repare na quantidade de detalhes que o mesmo menciona), lembrando dos acontecimentos da simulação.

A11: [...] tá vindo uma onda eletromagnética em direção ao átomo [#OE] quando ela tinge, vai energizar esse átomo e os elétrons, no caso, o elétron, vai para uma camada mais externa [#EE]. Ele tá energizado, mas esse energia ele tende a perder, ele quer voltar a maneira que estava antes, então por isso ele vai voltar para a camada, ficando assim [#EV]. A energia que estava nele foi liberada, vai ser a emissão [#EM] de energia através do elétron voltando para uma camada mais interna da eletrosfera. É assim que eu entendo.

Figura 68 - A sequência de imagens ilustra um movimento que inicia com uma das mãos parada, fechada, representando o átomo, enquanto a outra se movimenta, indicando o momento em que a onda eletromagnética atinge um átomo. Imagem dinâmica. #OE



Fonte: A pesquisa.

Figura 69 - A imagem ilustra um gesto realizado pelo estudante que deixa uma das mãos fechada e outra com os dedos tocando o polegar mais acima, mostrando o momento em que o elétron está energizado. Imagem estática. #EE



Fonte: A pesquisa.

Figura 70 - A imagem ilustra um gesto realizado pelo estudante que deixa uma das mãos fechada e outra com os dedos tocando o polegar bastante próxima, mostrando o momento em que o elétron perdeu energia. Imagem estática. #EV.



Fonte: A pesquisa.

Antes de finalizar as perguntas relacionadas com a emissão luminosa, solicita-se ao estudante que mencione se viu os conceitos relatados em algum outro lugar antes da pesquisa como, por exemplo a ‘onda eletromagnética’ citada, A11 responde que: “*Já tinha escutado falar, até na TV escuta de raios solares e tals. Mas só quando peguei o projeto para fazer, vi os vídeos do YouTube, e a aula que fui compreender melhor a relação da onda*” (A11).

Para a segunda pergunta, o estudante lembra imediatamente da simulação e relaciona o que foi visualizado com os elementos da tabela periódica, fazendo uma analogia ao CPF de cada cidadão, refletindo uma visão integrada, na qual o mecanismo de processamento externo Hipercultural se comunica com o processamento externo Cultural. Posteriormente, relata ter visto algo sobre os temas na Televisão (Cultural), mas que fazer o projeto (incluindo os vídeos e as aulas – Mediações Hipercultural e Social) foi importante para compreender o conceito de

onda. Na entrevista, não ficou claro se o “*fazer o projeto*” incluía a montagem do experimento, portanto, não foi identificado a Mediação Psicofísica durante suas explicações.

Analisando os discursos de A11 diante das respostas ao questionamento relacionado a etapa de absorção (terceira questão) - “*Explique, com suas palavras, o que ocorre para que diferentes objetos apareçam, para nós, nas variadas cores? Por exemplo, uma camisa vermelha e um copo azul.*” – o estudante relata que no pré-teste pensou que a luz seria algo que: “[...] *bate e volta para a gente. Quando a luz solar ilumina uma camisa vermelha, ela refletirá esta luz em um comprimento de onda diferente, que é o que identificamos através da visão.*” (A11), observando que não saberia representar o fenômeno mencionado. Já para a mesma pergunta no pós-teste, responde utilizando elementos da própria indagação incorporando uma memória das simulações:

A11: Eu imaginei... que nem agora estou com uma camiseta branca, no caso quando a luz vem nela, ela absorve e emite todas as cores, não fica com o comprimento de onda, tende a devolver as cores que juntas no seu olho vão ficar brancas. E se ela fosse uma camiseta vermelha, a luz branca viria, com a soma de todas as cores do espectro visível e os átomos da camiseta iriam se energizar e quando eles fossem emitir, ainda iriam conter a energia das demais cores, comprimentos de onda. Então, ela só faria a emissão do vermelho que é o que vem até o olho. Tipo nas simulações.

Entende-se que a fala de A11 está relacionada com um dos exemplos da terceira pergunta, a camiseta, e apesar de não haver um discurso gestual concordando com o verbal, ilustra o que está sendo imaginado. O *driver* é oriundo de uma Mediação Psicofísica, que fornece o ambiente presumido (ele utilizando uma camiseta), combinado com evidências de uma Mediação Hiper-cultural ao citar as simulações (figura 26 e figura 46), que, provavelmente, auxiliaram na visualização do fenômeno, possibilitando a explicação fornecida.

. Quando foi questionado a respeito do local que lembrou para justificar sua resposta ao argumentar sobre absorção, A11 relata que: “*Essa parte não vi antes da pesquisa, só alguns conceitos mesmo como falamos, a gente está começando a estudar isso agora*” (A11). Demonstrando que não viu o conceito de absorção antes de realizar a pesquisa e que estaria começando a estudar o conteúdo agora na escola.

Tanto no pré-teste como no pós-teste, o estudante menciona a camiseta, com a diferença de que no pós-teste adiciona elementos observados nas simulações para explicar uma situação “real”, fora do modelo computacional. No artigo dos autores Monaghan e Clement (1999) aconteceu algo semelhante ao que foi analisado na presente pesquisa, considerando que: “*Após o uso da simulação computacional, o sujeito GS8 parece ter incorporado uma memória*

da simulação como uma estrutura para visualização de um problema-alvo realizado sem a simulação” (MONAGHAN; CLEMENT, 1999, p. 929, tradução nossa).

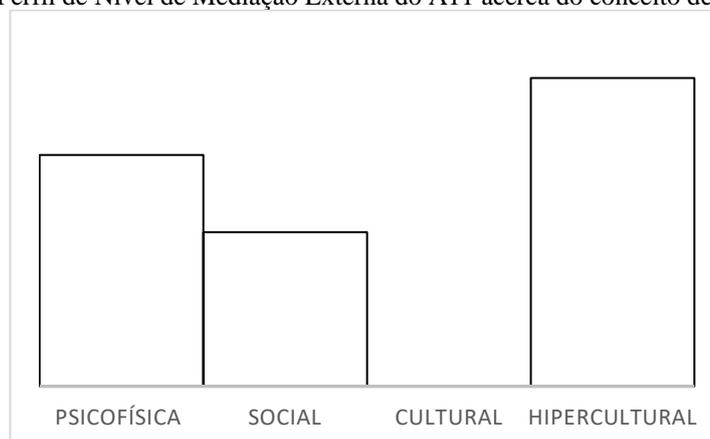
Percebe-se que a Mediação Hiper-cultural se tornou bastante relevante para a construção dos *drivers* que originaram as simulações mentais do estudante A11. Principalmente, ao relatar conceitos que A11 não estava familiarizado, possibilitando a produção de gestos descritivos e/ou explicações relacionadas com as atividades Hiper-culturais.

Após a análise, contabilizaram-se 28 momentos com gestos descritivos realizados durante a entrevista, sendo 24 gestos descritivos distintos, sem que o estudante os repetisse. Destes, 9 foram classificados como estáticos (situações ou objetos parados) e 15 dinâmicos (situações em movimento).

5.2.1 Traçando o perfil de nível de Mediação do Grupo H

Assim como para A9, retrata-se abaixo o Perfil de Nível de Mediação Externa de A11. A Mediação que se mostra mais representativa, na criação de drivers identificados na estrutura cognitiva de A11, com relação ao conceito de luz, é a Mediação Hiper-cultural. Seguido pelos mecanismos Psicofísicos e Sociais.

Figura 71 - Perfil de Nível de Mediação Externa do A11 acerca do conceito de luz



. Fonte: A pesquisa

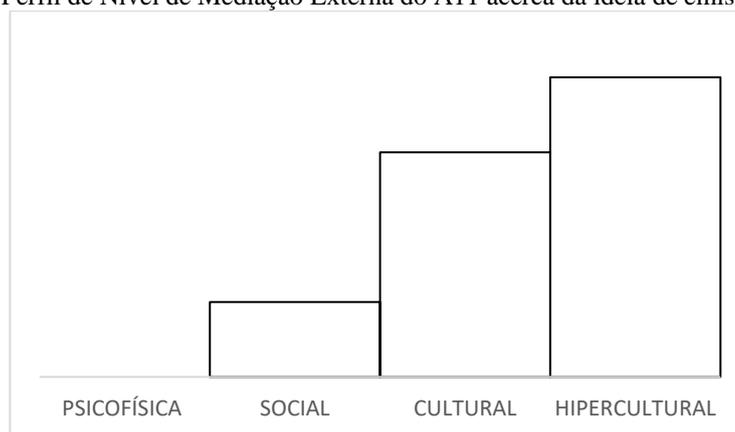
Apesar do discurso iniciar com uma imagem proveniente da Mediação Psicofísica, o ambiente fornecido pela questão, o que permite com que o estudante explique o fenômeno observado, após as atividades, é a sua interação com as tarefas Hiper-culturais da pesquisa. A própria construção das imagens referentes ao espectro eletromagnético, conceito importante

para o estudante formar a sua ideia de luz, é proveniente dos *slides*, simulação e/ou da tela do celular.

Considera-se a Mediação Social como relevante para a produção de imagens referentes ao que seria uma onda (não eletromagnética, como o próprio A11 relata), mas possui um destaque menor do que as duas Mediações anteriormente citadas, dentro do protocolo de análise adotado. De maneira que, ao relatar sobre o conceito de luz, A11 utiliza aspectos de três Mediações distintas, Hiper-cultural, Psicofísica e Social, respectivamente.

Delineando o Perfil de Nível de Mediação Externa do estudante A11 para o conceito de cor (emissão), percebe-se que o mecanismo de processamento externo em destaque no seu discurso e representações é, novamente, o Hiper-cultural que conversa com outras duas Mediações (Cultural e Social), sem apresentar evidências da Mediação Psicofísica.

Figura 72 - Perfil de Nível de Mediação Externa do A11 acerca da ideia de emissão



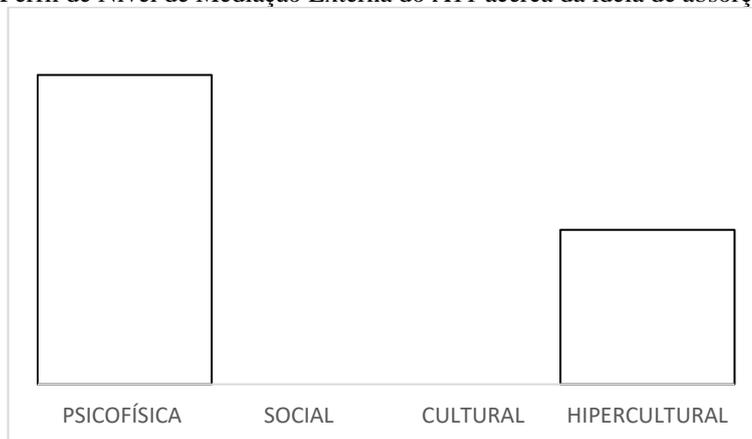
Fonte: A pesquisa

Ao ser questionado sobre o processo descrito na segunda questão, o estudante relata imediatamente a simulação realizada em uma das etapas da pesquisa e consegue relacionar o que foi visualizado com os elementos da tabela periódica, integrando as Mediações Hiper-cultural e Cultural. Ainda sobre a emissão, A11 cita a Televisão como um mediador e declara que o Projeto em si (vídeos e a aula) foi relevante para a construção de suas ideias, inserindo a Mediação Social. Nas suas explicações há, em maior quantidade, evidências de imagens referentes ao fenômeno observado na simulação.

Analisando a terceira questão, sobre absorção, duas Mediações deram origem ao *driver* mencionado por A11 durante as suas explicações, a Mediação Psicofísica e a Hiper-cultural, com destaque para a primeira. Neste caso, o estudante utiliza o mesmo exemplo, uma camiseta, no pré-teste e no pós-teste, imaginando uma situação real (Psicofísica). Contudo, ao explicar o

fenômeno envolvido, no pós-teste, menciona elementos de visualização macro e microscópica, uma observação que apenas o ambiente não possibilitaria, evidenciando o uso de simulações computacionais (Hiper cultural).

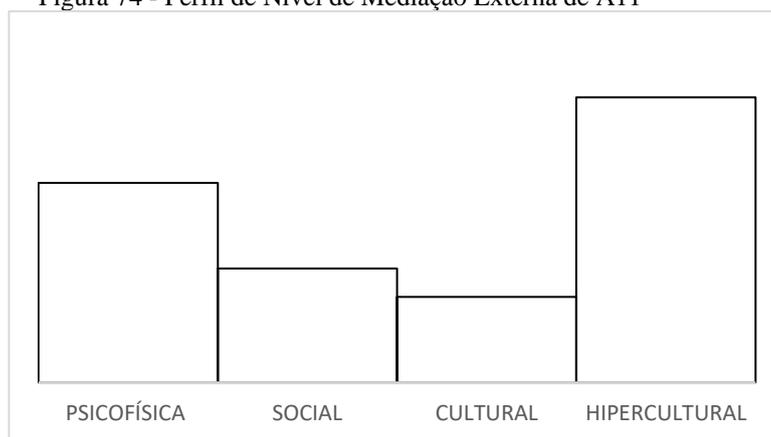
Figura 73 - Perfil de Nível de Mediação Externa do A11 acerca da ideia de absorção.



Fonte: A pesquisa

Com a análise de cada Perfil, tem-se abaixo o quadro geral do estudante A11 (figura 74). Para a construção do Perfil de Nível de Mediação Externa, com base nas questões realizadas, percebe-se que a Mediação Hiper cultural está presente na elaboração das respostas de todas as questões relatadas, sendo que em duas delas se sobressai. É o mecanismo mais citado pelo estudante e que mais permite a construção de imagens mentais.

Figura 74 - Perfil de Nível de Mediação Externa de A11



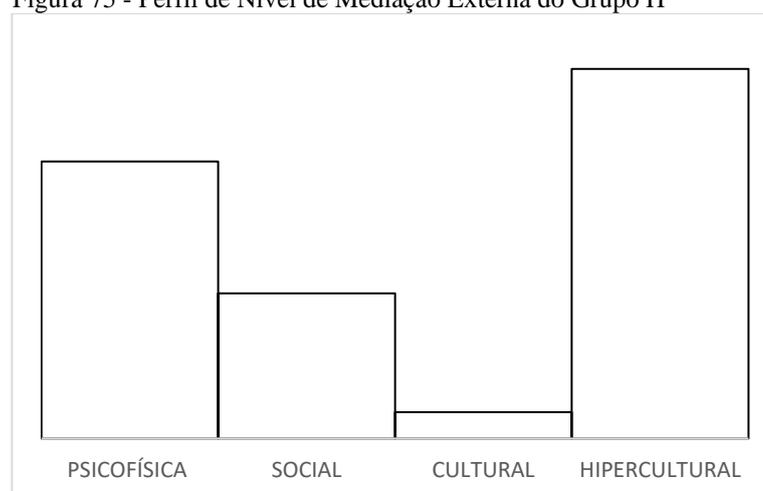
Fonte: A pesquisa.

Em seguida, tem-se a Mediação Psicofísica, ou seja, interação com o ambiente, presente em duas das três questões, tendo um grande destaque na última. Passando para o mecanismo Social, citado em alguns momentos e com um significado maior na construção

inicial da ideia de onda. E, por fim, identifica-se a Mediação Cultural, relevante na perspectiva do aluno sobre o conceito de emissão, importante para a criação de exemplos.

Neste trabalho, utilizamos o estudante A11 como representante do Grupo H, composto por 7 alunos. Para fins de apresentação dos resultados, foram expostas as análises de um participante, e, abaixo, encontra-se o Perfil de Nível de Mediação Externa de todos os estudantes pertencentes ao Grupo H.

Figura 75 - Perfil de Nível de Mediação Externa do Grupo H



. Fonte: A pesquisa.

Como descrito anteriormente, a Mediação Hipercultural se destaca dentro do Grupo com o maior número de alunos. É considerável que, no Perfil geral, todas as Mediações sejam contempladas, já que os estudantes transitam entre elas, neste caso, com situações que evidenciam um maior número de *drivers* oriundos do mecanismo Hipercultural.

5.2.2 Concepção de luz do Grupo H

Considerando o estudante A11 como representante do Grupo, a análise de concepções sobre a luz levará em conta as suas respostas. Sobre a compreensão apresentada por A11 diante dos fenômenos observados, percebe-se que o estudante utiliza o (I) Modelo de Onda para se referir ao que está imaginando.

No primeiro momento, enquanto fala sobre a luz, relata características ondulatórias e cita conceitos como frequência, comprimento de onda, onda eletromagnética. Ainda nesta questão diz não conseguir imaginar a luz de outra maneira a não ser como uma onda, por estar mais “presente” essa interpretação em temas observados.

Nas segunda e terceira questões, A11 constrói as suas explicações com base em uma onda e, apesar de utilizar o átomo para explicar o acontecimento dos fenômenos, o que poderia indicar um Modelo Híbrido, ao mencionar a luz ou as cores, referencia um modelo apenas ondulatório. Já que, para A11, ocorre a interação de uma onda com o átomo (o elétron de um átomo), verificam-se as transições eletrônicas, a partir desse contato (onda e átomo), e a luz (ou a cor) proveniente (emitida) dessa relação é observada como uma onda.

Abaixo encontra-se a tabela que relaciona o comportamento da luz adotado pelos participantes (A3, A4, A5, A7, A10, A11 e A12) em cada uma das questões (1, 2 e 3) realizadas. Note que ainda não estão classificados quanto ao Modelo, mas que a ideia mais utilizada é a de Onda, havendo um empate entre os que seriam Modelos Híbridos e Modelo de Raio/Feixe. E, geralmente, há uma mistura entre os diferentes comportamentos.

Tabela 2 - Comportamento da luz adotado pelos participantes do Grupo H

	A3	A4	A5	A7	A10	A11	A12
1	Partícula que se comporta como onda	Onda	Partícula que se comporta como onda	Onda	Raio	Onda	Onda
2	Onda	Onda	Raio	Onda - com esferas	Raio	Onda	Onda E Partícula
3	Onda	Onda E Partícula	Raio	Onda	Raio	Onda	Onda

Fonte: A pesquisa.

6 RELAÇÕES ENTRE OS REFERENCIAIS TEÓRICOS E OS RESULTADOS DA PESQUISA

Todas as atividades desenvolvidas com os alunos no presente estudo consideram os preceitos da Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) (SOUZA, 2004), de que com o auxílio de mecanismos externos os estudantes podem ampliar a sua capacidade de processamento de informações. Por meio dos dados interpretados em *drivers* e imagens mentais obtidos ao longo das atividades, em especial na etapa de entrevistas conduzidas pelo protocolo *Report Aloud* (TREVISAN et al., 2019), pode-se identificar as Mediações e elaborar a construção exploratória Perfis de Nível de Mediação Externa dos estudantes acerca dos conceitos de luz,

desenvolvimento realizado a partir das leituras sobre o perfil epistemológico (BACHELARD, 1985) e conceitual (MORTIMER, 1995).

A técnica *Report Aloud* já foi utilizada em outros trabalhos (RAMOS, 2015; WOLFF, 2015; TREVISAN, 2016; MEGGIOLARO, 2019; FREITAS, 2019; SOUZA, 2021) com o intuito de entender o que o estudante pensou ao realizar as tarefas solicitadas. É possível observar que, mesmo após alguns dias entre o término das atividades e a realização da entrevista, os entrevistados lembram de informações e detalhes que foram importantes para a resolução de problemas específicos, o que auxilia na identificação das imagens presentes na estrutura cognitiva de cada participante e nas suas origens. No trecho abaixo há o relato do estudante nomeado como A12 reportando que o ele imaginou ao responder uma das perguntas do pós-teste.

A12: Bom, eu imaginei os átomos na luz de LED quando recebe energia elétrica ele acaba, devido ao que tem ali dentro, como gases, como na luz das ruas, aquela amarela, ele recebe energia para conseguir vibrar os átomos e então absorver energia e propagar novamente, voltando para a camada mais interna do átomo.

De acordo com a TMC existem quatro formas de Mediação (Psicofísica, Social, Cultural e Hiper-cultural) e evidências de todas elas foram encontradas no decorrer das entrevistas. As Mediações Hiper-cultural e Psicofísica, identificadas como as mais citadas e responsáveis pela produção de imagens mentais, estavam, predominantemente, incorporadas na pesquisa. As Mediações Social e Cultural encontram-se mais discretas no decorrer das atividades, como leituras, vídeos e interação com a pesquisadora. E vale ressaltar que, mesmo assim, para um estudante, a Mediação Cultural foi essencial, devido a suas experiências anteriores.

A9: [...] o experimento eu achei como uma forma de fixar os conteúdos que não são tão fáceis. Tipo, tem conteúdos de física que são bem teóricos e por isso exigem muita leitura, muita coisa, tipo aqui. Quando se faz uma experiência bah, é algo que tu vê na hora e grava. Os experimentos ajudam a visualizar e vão me ajudar a fixar.

Neste último trecho, retirado da entrevista de A9, mostra que o estudante já tem uma bagagem de conteúdos presentes na sua estrutura cognitiva, oriundas de Mediações Culturais. Ao interagir com os experimentos, as suas concepções não são trocadas, o *driver* que possibilita o entendimento das questões apenas é correlacionado com outras formas de visualização, o que possibilita uma melhor interpretação do fenômeno, o aluno não necessariamente precisa abandonar as suas concepções ao aprender novas ideias científicas (MORTIMER, 1995).

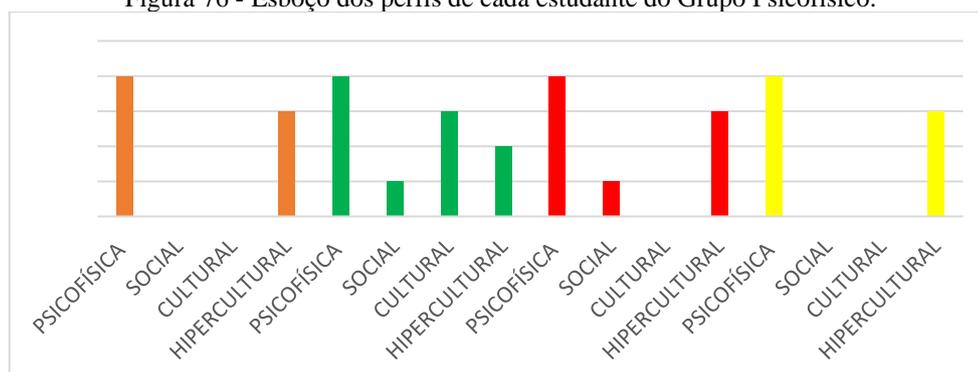
Conforme foi identificado na revisão de literatura, há uma preocupação em utilizar atividades que facilitem a visualização dos fenômenos (ERMIS; KARAMAN, 2020), principalmente, envolvendo temas como a Física Moderna e Contemporânea.

Na revisão de literatura, também é apontado que são raros os casos em que a absorção é objeto de estudo entre os diversos experimentos realizados (ALEMANY et al., 2016). No presente trabalho, percebe-se que ao se tratar dos temas envolvendo a absorção (última pergunta dos testes), ambos alunos aqui apresentados realizam menos gestos descritivos, limitando-se aos apontamentos sobre as suas práticas com os corantes ou simuladores.

Pontua-se que, para uma investigação conduzida através de tarefas e ambientes remotos, as Mediações que originalmente necessitam de uma interação com outras pessoas ou a leitura de livros, jornais, signos e televisão, estão presentes em uma visão de evolução cognitiva. Conforme SOUZA (2004), através das quatro formas de Mediações propostas pela TMC, verifica-se, uma sucessão das formas de Mediação, segundo a sequência com que emergem (quadro 2). De forma que a Mediação Hiper-cultural, engloba processamentos extracerebrais de outras Mediações.

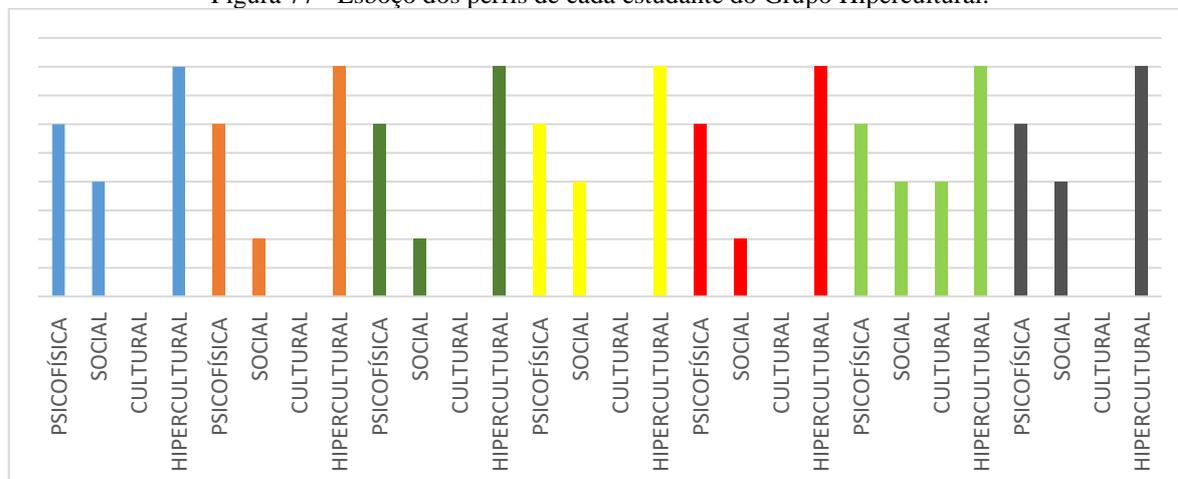
Durante a análise percebe-se que, para cada pergunta, os estudantes relataram no mínimo duas Mediações (uma predominante, identificada por gestos e/ou fala), expondo que a interação com o tema proporcionou padrões complexos de imagens provenientes de diferentes mecanismos externos que compõem o repertório *drivers* que o indivíduo utiliza para resolver o problema. Processo identificado pela criação de imagens e simulações mentais (MONAGHAN; CLEMENT, 1999). Traça-se um Perfil de Nível de Mediação Externa, individual, para cada conceito, que indica quais níveis de Mediação são preferencialmente utilizados pelo estudante e a transição entre os diferentes mecanismos. Abaixo, duas figuras representam o esboço dos perfis do Grupo Hiper-cultural e do Grupo Psicofísico, diferenciando os alunos, de cada grupo, através das cores e demonstrando a afirmação de que no mínimo duas Mediações são evidenciadas.

Figura 76 - Esboço dos perfis de cada estudante do Grupo Psicofísico.



Fonte: A pesquisa

Figura 77 - Esboço dos perfis de cada estudante do Grupo Hiper cultural.



Fonte: A pesquisa

7 CONSIDERAÇÕES

A presente investigação iniciou-se com o objetivo de identificar quais Mediações são preferencialmente acessados pelos estudantes ao responder questões sobre temas pertinentes à espectroscopia e natureza da luz. Desse modo, investigou-se a produção de imagens mentais dos participantes ao longo das entrevistas, originária de diferentes mecanismos externos, e suas relações com as concepções do fenômeno presente na estrutura cognitiva de cada um.

Para alcançar tais propósitos, buscou-se encontrar respostas para a seguinte questão norteadora da pesquisa: *Quais Mediações (Psicofísica, Social, Cultural e/ou Hiper cultural) facilitam a produção de imagens mentais pelos estudantes ao responder perguntas sobre conceitos pertinentes à espectroscopia, após a utilização de um aplicativo de celular que faz a análise de espectros de emissão e absorção?* Assim, a condução da investigação converge e culmina na tentativa de relacionar as imagens mentais e *drivers* com a sua origem.

A metodologia utilizada, por meio da escolha da técnica *Report Aloud*, possibilitou a detecção de simulações mentais, existentes na estrutura cognitiva dos participantes (ao explicar um assunto), oriundas de diferentes Mediações. Com isso, o Perfil de Nível de Mediação Externa foi esboçado abordando os mecanismos externos mais relevantes para a criação dessas simulações e expondo as transições entre as Mediações que o aluno utiliza ao relatar seu pensamento, mostrando-se como um eficiente instrumento de análise, que será fundamentado epistemologicamente em construções futuras.

Além de, através da análise qualitativa, com base nas entrevistas realizadas com estudantes selecionados, foi possível observar as concepções de cada um sobre o conceito de luz, ao responder cada uma das perguntas. Identificando que, os alunos dos Grupos H ou C relatam, com maior frequência, termos como “ondas, partículas ou ondas com partículas e, ainda, partícula com movimento ondulatório”, algo não identificado nos estudantes do Grupo P, que baseiam as suas ideias em imagens de “feixe/raio” (alusões a óptica geométrica) para a luz. Pontua-se, também, que para as diferentes questões, um único estudante pode utilizar diferentes concepções.

As atividades elaboradas neste trabalho, apresentaram-se como processadores externos de informação, proporcionando aos alunos, no caso do aplicativo, por meio do guia de atividade baseado no P.O.E, a visualização e a análise de fenômenos da luz, como emissão e absorção. No entanto, nem todos os alunos tiveram uma mudança ou aquisição de *drivers* para os três questionamentos realizados. As tarefas são relevantes para a visualização, mas em determinados momentos, por se tratar de um assunto bastante amplo, as imagens que povoam a cognição dos participantes são originárias de uma aula (presencial), um programa de TV ou um livro, por exemplo, dependendo das experiências anteriores de cada um.

A utilização da Análise Gestual Descritiva (CLEMENT, 1994; CLEMENT; STEINBERG, 2002; MONAGHAN; CLEMENT, 1999; STEPHENS; CLEMENT, 2010, 2015) nas entrevistas, caracterizada gestos descritivos realizados pelos estudantes, juntamente com as respostas dos testes, possibilitaram identificar as suas imagens e/ou simulações mentais para diferentes situações e origens, sejam dos materiais utilizados ou não. Conforme relatado nas análises dos resultados, a Mediação Hiper-cultural se sobressaiu entre as demais, sendo a mais citada pelos estudantes. Grande parte dos gestos foi oriunda das simulações, tela do celular, imagens presentes nos *slides* e animações.

Para sete alunos, do grupo total de doze participantes entrevistados, os mecanismos externos relatados com maior frequência eram provenientes da Mediação Hiper-cultural. Seguido do Grupo Psicofísico, com quatro estudantes e o Cultural, com apenas um. É importante ressaltar que os alunos A9 e A11, mencionados nas análises, são os estudantes que mais produziram gestos descritivos, evidenciando a importância de ambas as Mediações Cultural e Hiper-cultural. Perspectivas relacionadas com a cultura e a tecnologia, envolvem, também, aspectos das afirmações de Pierre Lévy. Para o autor (LÉVY, 1999) a tecnologia não pode ser vista como algo separado da sociedade e da cultura.

Conforme relatado durante o referencial teórico e a análise de resultados, é natural que ao responder uma questão o estudante utilize mais de uma Mediação ao imaginar a situação, ou

seja, as imagens mentais são originárias da interação entre Mediações. Percebe-se que, nesta pesquisa, para cada pergunta, são relatadas no mínimo duas Mediações, sendo o papel da análise identificar o seu grau de relevância para cada questão. Neste sentido, a análise com a construção do Perfil de Nível de Mediação possibilitou a visualização e transição entre as diferentes Mediações.

Os Grupos foram configurados com base nos três níveis de Mediações emergentes (Hiper-cultural, Psicofísico e Cultural, respectivamente). Sendo que o Perfil de Nível de Mediação Externa determina o grau de importância de cada mecanismo extracerebral para a noção dos conceitos de espectroscopia, classificados por uma progressão histórica. De maneira que, o Perfil vai desde o Psicofísico até o Hiper-cultural.

Em uma situação de ensino, há possibilidade de se observar que um mesmo aluno pode apresentar mais de uma forma de resolver ou explicar questões sobre o conceito de espectroscopia, dependendo do contexto a que ele se refere, nem sempre apresentadas com limites bem estabelecidos, como este trabalho pode sugerir. A criação de diferentes significados para um determinado conceito, em sala de aula, pode estar vinculada com as interpretações a partir das relações entre o que está sendo dito e o estudante, do mesmo modo que, diferentes formas de vida vão culminar nas mais variadas experiências dos alunos e, conseqüentemente, nas Mediações utilizadas.

A partir dos resultados obtidos, planeja-se a continuidade da investigação abordando uma revisão da TMC, principalmente, em suas afirmações deterministas e relações com outras vertentes, como a de Pierre Lévy, assim como a formalização do Perfil de Nível de Mediação Externa, possivelmente como pesquisa de doutoramento.

A investigação das aplicações com o espectrômetro construído com materiais de baixo custo, apresenta resultados que contemplam as noções de análise e visualização esperadas. Pode ser uma alternativa para o ensino de conceitos relacionados com a espectroscopia, para uma abordagem experimental em um ambiente remoto e/ou objeto de discussão em formações de professores, auxiliando no desenvolvimento de atividades com materiais facilmente encontrados por alunos e professores. De maneira que, sua inserção em um ambiente de aprendizagem possui grandes potencialidades para o ensino na área de Ciência da Natureza, compreendendo esclarecimentos conceituais, contextualizados, do assunto.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 3, 2004.
- AZEVEDO, A. L.; SOUSA, A. KS; CASTRO, T. J. Espectroscopia óptica de baixo custo: uma estratégia para a introdução de conceitos de física quântica no ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 4, 2019.
- AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 1(3), 2001.
- BACHELARD, G. O Novo Espírito Científico. 2.ed. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1985.
- BACHELARD, G. A Filosofia do Não. 5.ed. Lisboa: Presença, 1991.
- BALADO SANCHEZ, Carlos et al. Spectrophotometers for labs: A cost-efficient solution based on smartphones. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 27, n. 2, p. 371-379, 2019.
- BARROS, L. G.; ASSIS, A.; LANGHI, R. Proposta de construção de espectroscópio como alternativa para o ensino de Astronomia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 1026-1046, 2016.
- BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V.; DOCA, R. H. **Física 3 – Eletricidade e Física Moderna**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.
- LEITE, M. B.; SOARES, M. H. F. B. Contextualização: para além das narrativas sistêmicas a favor da interdisciplinaridade. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 26, n. 2, 2021.
- BENFÍCA, Kátia Ferreira Guimarães; PRATES, Kimelly Hanna Guimarães. As contribuições do uso de experimentos no ensino–aprendizado da física. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 33686-33703, 2020
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2018.
- _____. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica, Brasília, **Parâmetros Curriculares Nacionais: Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1998.
- BROCKINGTON, G; PIETROCOLA, M. O Ensino de Física Moderna necessita ser real. **Anais do XVI SNEF-Simpósio Nacional de Ensino de Física, Rio de Janeiro**, 2005.

- BRUININKS, B.; JUURLINK, L. B. F. An Inexpensive 3D Printed Periscope-Type Smartphone-Based Spectrophotometer for Emission, Absorption, and Fluorescence Spectrometry. **Journal of Chemical Education**, 2022.
- CARUSO, Francesco; DE FREITAS, Nilton. Física Moderna no Ensino Médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 355-366, 2009.
- CAVALCANTE, M.A, TAVOLARO, C. As primeiras observações da luz solar passando por um prisma, 2002.
- CETIC. **Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação**. Disponível em: <https://cetic.br/pt/pesquisa/educacao/>. Acesso em: 30 de dezembro de 2021
- CHAGAS, A. Whatsapp e Educação: entre mensagens, imagens e sons. Salvador: Ilhéus, 2017. p.49-68.
- CLEMENT, J. J.; STEINBERG, M. S. Step-wise evolution of mental models of electric circuits: a “learning-aloud” case study. **Journal of Learning Sciences**, v. 11, n. 4, pp. 389-452, 2002.
- COELHO, G. R.; BORGES, O. O entendimento dos estudantes sobre a natureza da luz em um currículo recursivo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 63-87, 2010.
- COLIN, P.; VIENNOT, L. Using two models in optics: Students’ difficulties and suggestions for teaching. **American Journal of Physics**, v. 69, n. S1, p. S36-S44, 2001.
- DA ROSA, C. W.; DA ROSA, A. B. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las ciencias**, v. 4, n. 1, 2005.
- DE OLIVEIRA, H. J. S. Desenvolvimento de um espectrofotômetro para medidas de absorção/emissão na região do visível utilizando mini lâmpada incandescente, mídia de dvd e smartphone. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal da Paraíba, 2015.
- DE OLIVEIRA COELHO, F.B. ESCOBAR, F. L. Abordagem da temática aproveitamento total dos alimentos no Ensino de Ciências da Natureza com enfoque interdisciplinar: relato de experiência no contexto da Educação Básica. **Revista Insignare Scientia-RIS**, v. 4, n. 4, p. 323-335, 2021.
- DJANETTE, B.; FOUAD, C. Determination of university students’ misconceptions about light using concept maps. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 152, p. 582-589, 2014.
- DOS ANJOS, S. F.; SERRANO, A. Use of different external mediating mechanisms of the Bohr atom model: Evidence of Meaningful Learning through verbal-gestural analysis in elementary school students. **Acta Scientiae**, v. 21, n. 4, p. 133-148, 2019.

- DOS SANTOS, N. G. A.; WISNIEWSKI, R. R.; NONENMACHER, S. E. B. Física, Literatura e cotidiano: transposição didática da física dos físicos à da sala de aula. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, n. Extra, p. 1147-1152, 2017.
- ERICKSON, F. Qualitative methods in research on teaching. In Wittrock, M.C. (Ed.). Handbook of research on teaching. New York: **Macmillan Publishing**. p. 119-161. 1986.
- ERMIS, F.; KARAMAN, I. Learning colours of light reflected from pigments using coloured light. **Physics Education**, v. 55, n. 4, p. 045001, 2020.
- FILGUEIRAS, C. AL. A Espectroscopia e a Química—Da Descoberta de Novos Elementos ao Limiar da Teoria Quântica. **Química Nova na Escola**, v. 3, p. 22-25, 1996.
- FREITAS, S.A.; Um estudo da utilização didática de ferramentas de cognição extracerebrais por estudantes do ensino fundamental do modelo do átomo de Bohr. **Dissertação** (Mestrado - Ensino de Ciências e Matemática), Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2019.
- GRASSE, E. K.; TORCASIO, M. H.; SMITH, A. W. Teaching UV–Vis spectroscopy with a 3D-printable smartphone spectrophotometer. **Journal of Chemical Education**, v. 93, n. 1, p. 146-151, 2016.
- HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER, Claudia. Students' conceptions on white light and implications for teaching and learning about colour. **Physics Education**, v. 52, n. 4, p. 044003, 2017.
- HOSKER, B. S. Demonstrating principles of spectrophotometry by constructing a simple, low-cost, functional spectrophotometer utilizing the light sensor on a smartphone. **Journal of Chemical Education**, v. 95, n. 1, p. 178-181, 2018.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** – IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 23 de dezembro de 2021
- INEP. **Índice de Desenvolvimento da Educação Básica** – IDEB. Disponível em <https://www.gov.br/inep/pt-br>. Acesso em: 23 de dezembro de 2021.
- KLASSEN, S. The Photoelectric Effect: Reconstructing the Story for the Physics Classroom. **Science and Education**, v. 20, n. 7, p. 719-731, 2011.
- KESONEN, M.H. P.; ASIKAINEN, M. A.; HIRVONEN, P. E. Light Source Matters—Students' Explanations about the Behavior of Light When Different Light Sources are used in Task Assignments of Optics. **EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 13, n. 6, p. 2777-2803, 2017.
- LÉVY, Piérre. O inexistente impacto da tecnologia. Folha de S. Paulo, v. 17, p. 5, 1997.
- LÉVY, P. Cibercultura. São Paulo: editora 34, 1999.

- LOPES, S; ROSSO, S. **Ciências da natureza: Energia e Consumo Sustentável**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.
- MALISORN, Khemchira et al. Demonstration of light absorption and light scattering using smartphones. **Physics Education**, v. 55, n. 1, p. 015012, 2020.
- MAURINES, L. Geometrical Reasoning in Wave Situations: The case of light diffraction and coherent illumination optical imaging. **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 14, p. 1895-1926, 2009.
- MEGGIOLARO, G. P. Uma investigação entre os mecanismos externos de mediação e situações-problema de eletrostática, em uma disciplina de física geral em nível universitário. **Tese** (Doutorado - Ensino de Ciências e Matemática), Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2019.
- MEŠIĆ, Vanes et al. Comparing different approaches to visualizing light waves: An experimental study on teaching wave optics. **Physical Review Physics Education Research**, v. 12, n. 1, p. 010135, 2016.
- MILLER, George A. The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. **Psychological review**, v. 63, n. 2, p. 81, 1956.
- 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.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.
- MOREIRA, A., TRINDADE, S. D. Whatsapp como dispositivo pedagógico para a criação de ecossistemas educacionais, 2017. p.49-68.
- MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change? **Science & Education**, v. 4, n. 3, p. 267-285, 1995.
- MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. F. Quanto mais quente melhor: calor e temperatura no ensino de termoquímica. **Química Nova na Escola**, v. 7, n. 1, p. 30-34, 1998.
- MORTIMER, E. F. Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências. Universidade Federal de Minas Gerais, 2000.
- MUMBA, F.; MBEWE, S.; CHABALENGULA, V. M. Elementary school teachers' familiarity, conceptual knowledge, and interest in light. **International Journal of Science Education**, v. 37, n. 2, p. 185-209, 2015.
- MUNDY, C.; POTGIETER, M. Hands-On Spectroscopy: Inside and Outside the First-Year Laboratory. **Journal of Chemical Education**, v. 97, n. 6, p. 1549-1555, 2020.

- ONORATO, P. et al. The Beer Lambert law measurement made easy. **Physics Education**, v. 53, n. 3, p. 035033, 2018.
- ORMAECHEA, O.; VILLAZÓN, A.; ESCALERA, R. A spectrometer based on smartphones and a low-cost kit for transmittance and absorbance measurements in real-time. **Optica Pura y Aplicada**, v. 50, n. 3, p. 239-249, 2017.
- OSTERMANN, F.; FERREIRA, L. M.; CAVALCANTI, C. J. H. Tópicos de Física Contemporânea no Ensino Médio: um Texto para Professores sobre Supercondutividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 20, n. 3, 1997.
- OSTERMANN, F., MOREIRA, M. A. Física contemporânea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. Aceito para publicação na **Revista de Enseñanza de las Ciencias**. Barcelona. 1999.
- OSTERMANN, F. Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de Física. **Tese de Doutorado**. Instituto de Física – UFRGS, 2000.
- ÖZCAN, Özgür. Investigating students' mental models about the nature of light in different contexts. **European Journal of Physics**, v. 36, n. 6, p. 065042, 2015.
- PAULO, I. J. C. de. Elementos para uma proposta de inserção de tópicos de física moderna no ensino de nível médio. **Diss. Mestr. Educação**. Cuiabá: Instituto de Educação – UFMT, 1997.
- PAP, L. G. An Inexpensive 3D-Printable Do-It-Yourself Visible Spectrophotometer for Online, Hybrid, and Classroom-Based Learning. **Journal of Chemical Education**, v. 98, n. 8, p. 2584-2591, 2021.
- PIRES, C. D. M. F. Contextualização no ensino de Ciências/Física: energia x reciclagem do papel e suas relações com a termodinâmica. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, 2021.
- RAMOS, A. F.; ANDRADE NETO, A. S. 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. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Anais...p.1–10, 2013.
- 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 - Ensino de Ciências e Matemática), Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2015.
- RICARDO, E. C.; FREIRE, J. A. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 251-266, 2007.
- ROSI, T. et al. Light interference from a soap film: a revisited quasi-monochromatic experiment. **Physics Education**, v. 54, n. 1, p. 015018, 2018.

- SAMPAIO, R. F; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 11, p. 83-89, 2007.
- SANTANA, F.B.; DOS SANTOS, P. J. S. Espectroscopia e modelos atômicos: uma proposta para a discussão de conceitos de Física Moderna no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 555-589, 2017.
- SANTOS, R.P.; CARBÓ, A. D. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de massa. **IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA**, 2005.
- SAVALL-ALEMANY, F. et al. Identifying student and teacher difficulties in interpreting atomic spectra using a quantum model of emission and absorption of radiation. **Physical Review Physics Education Research**, v. 12, n. 1, p. 010132, 2016.
- ŞENGÖREN, S. K. How do Turkish high school graduates use the wave theory of light to explain optics phenomena? **Physics Education**, v. 45, n. 3, p. 253, 2010.
- SILVA, H.R.A.; MORAES, A. G. O estudo da espectroscopia no ensino médio através de uma abordagem histórico-filosófica: possibilidade de interseção entre as disciplinas de Química e Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 378-406, 2015.
- SILVA, L. P. C.; DA VIA, C.; FREITAS, A. M.; SANTIAGO, A. J. Uso de diodos emissores de luz (LED) de potência em laboratório de Óptica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 60-77, 2014.
- SONG, Y. “Bring Your Own Device (BYOD)” for seamless science inquiry in a primary school. **Computers & Education**, v. 74, p. 50-60, 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.; 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. 007, p. 10.1016, 2012.
- SOUZA, M. G. Das transformações de Galileu a Lorentz: compreendendo as simulações mentais e concepções de estudantes do ensino médio sobre relatividade especial. **Dissertação** (Mestrado - Ensino de Ciências e Matemática), Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2015.
- STEPHENS, A. L. CLEMENT, J. J. Documenting the use of expert scientific reasoning processes by high school physics students. **Physical Review Special Topics-Physics Education Research**, 6(2), 020122, 2010.

- 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, 137-156, 2015.
- TERRAZZAN, E. A. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3: p.209-214, dez.1992.
- TREVISAN, R.; SERRANO, A. Investigating the Drivers and Mental Representations of the Private Interpretations of Students of Quantum Mechanics. **Acta Scientiae**, v. 20, n. 4, 2018.
- TREVISAN, R.; SERRANO, A.; WOLFF, J. F. S.; RAMOS, A. F. Peeking into their mental imagery: The Report Aloud technique in science education research. **Ciência e Educação**, 2019.
- TREVISAN, R.; ANDRADE NETO, A. S.. Uma construção do Perfil Epistemológico de licenciandos em Física acerca da dualidade onda-partícula em Mecânica Quântica, após o uso de bancadas virtuais: um estudo a partir do discurso gestual e verbal. **RENOTE: Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 14, p. 1, 2016.
- UZUN, S.; ALEV, N.; KARAL, I. S. A cross-age study of an understanding of light and sight concepts in physics. **Science Education International**, v. 24, n. 2, p. 129-149, 2013.
- VÁLIO, A. B. M. et al. **Ser Protagonista: Física – 3º ano**. 3. Ed. São Paulo. Editora SM, 2018.
- VARELA, P.; COSTA, M. F. Explore the concept of “light” and its interaction with matter: an inquiry-based science education project in primary school. **In: Journal of Physics: Conference Series**. IOP Publishing, 2015.
- VANDERVEEN, J. R.; MARTIN, B.; OOMS, K. J. Desenvolvimento de ferramentas para espectroscopia de graduação: um espectrômetro de luz visível de baixo custo. **Journal of Chemical Education**, v. 90, n. 7, 894-899, 2013.
- VAN-SOMEREN, M. W.; BARNARD, Y. F.; SANDBERG, J. A. C. *The Think Aloud Method: a practical guide to modeling cognitive processes*. London, 1994.
- VIZZOTTO, P. A. A proficiência científica de egressos do Ensino Médio ao utilizar a Física para interpretar o cotidiano do trânsito. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.
- 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) - Ensino de Ciências e Matemática**, Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2015.
- WU, H-K.; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, E. Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. **Journal of Research in**

Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, v. 38, n. 7, p. 821-842, 2001.

ZAIKOWSKI, L.; SEIDEL, S. R.; FRIEDRICH, J. M. Spectroscopy and the Cosmos: Applications in the Chemical Sciences. **Chemical Evolution across Space & Time**, 2008.

APÊNDICES

APÊNDICE A – PRÉ-TESTE/PÓS-TESTE⁶

NOME: _____ **IDADE:** _____

ESCOLARIDADE _____ **DATA:** ___/___/___

INSTRUMENTO PARA PRODUÇÃO DE DADOS: PRÉ-TESTE/PÓS-TESTE

Caro Aluno,

Solicito sua colaboração, respondendo às questões formuladas a seguir. Seus dados pessoais não serão divulgados.

1) Dada uma situação em que uma janela aberta permite a passagem de luz solar, a qual incide em uma parede, a iluminando. Explique, com suas palavras e/ou desenhos, o que é luz?

2) Explique, com suas palavras e/ou desenhos, o que ocorre para que diferentes fontes de emissão luminosa apareçam, para nós, nas variadas cores: Por exemplo, um LED vermelho e um LED azul.

3) Explique, com suas palavras e/ou desenhos, o que ocorre para que diferentes objetos apareçam, para nós, nas variadas cores: Por exemplo, uma camisa vermelha e um copo azul

⁶ Disponível via Formulário.

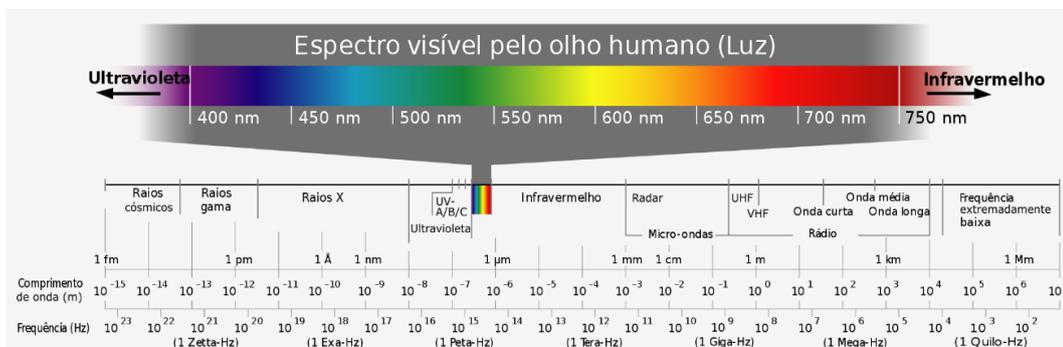
APÊNDICE B – GUIA – EMISSÃO LUMINOSA

ATIVIDADE 1 – EMISSÃO:

Nesta atividade será utilizado o aplicativo de celular *SpectraUPB*, elaborado pela Universidade Privada Boliviana, localizada em Colcapirhua, Bolívia, para visualizar o espectro visível de diferentes fontes de luz. O que você irá visualizar, de maneira prática, é um experimento realizado em laboratórios de pesquisa (utilizado com diversas finalidades) e está presente nas diferentes áreas da ciência, como física, química e biologia. Como os equipamentos para a realização do mesmo são de alto custo e não seriam a melhor forma para se trabalhar (agilmente) em sala de aula, optamos em utilizar este aplicativo que mostra, em tempo real, a decomposição das cores de uma fonte luminosa. Não se trata de uma simulação.

ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO (VISÍVEL):

A luz *visível* é uma forma de radiação eletromagnética a qual compõem o espectro eletromagnético. Abaixo, por exemplo, visualizamos o espectro de luz visível de uma fonte de luz branca.



Espectro Eletromagnético

FUNCIONAMENTO:



No esquema simplificado acima, uma lâmpada (branca) é colocada em frente a uma grade de difração (ou prisma) e este decompõe a luz produzida pela fonte luminosa. O espectrofotômetro é um equipamento em que uma fonte de luz é emitida, passa por uma abertura estreita (fenda), chega até a grade de difração corretamente posicionada e produz, com a

decomposição da luz, o seu espectro eletromagnético (decompõe a luz em suas diferentes frequências).

ATIVIDADE: EMISSÃO DE LUZ

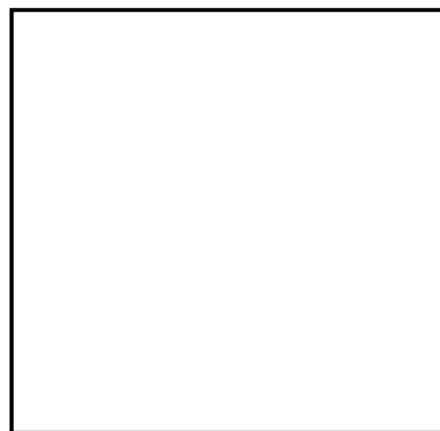
Vamos utilizar o aplicativo *SpectraUPB* da Universidade Privada Boliviana. Na câmera do celular, é colocado uma pequena parte de um CD -ROM sem a película refletora, o qual serve como grade de difração e um tubo contendo uma abertura (fenda) na frente, por onde a luz emitida passará. É necessário posicionar o celular (tubo) à frente da fonte de luz. O aplicativo é simples e você deve apenas enquadrar o espectro de luz no **retângulo azul** e apertar para o gráfico ser **plotado**. Fazendo isso, o dispositivo eletrônico torna-se um espectrofotômetro (pouca precisão).

I. LÂMPADA BRANCA (exemplo INCANDESCENTE, LED, FLUORESCENTE): CUIDADO: a lâmpada incandescente AQUECE enquanto está ligada.

Realize a atividade na ordem em que for solicitada.

ETAPA DE PREVISÃO (ANTES DE UTILIZAR O CELULAR):

Explique, como se estivesse explicando para um colega, o que você imagina que será identificado na tela do celular ao posicioná-lo em frente a lâmpada? Para isso, utilize texto, desenhos, esquemas e/ou gráficos.



ETAPA DE OBSERVAÇÃO:

Agora, com o celular, realize a atividade: Entre no aplicativo, clique em **SPECTROMETER** (figura 2) enquadre o espectro que estará sendo mostrado no celular (no

retângulo AZUL), clique para **plotar** , aguarde. É necessário calibrar o aparelho para cada fonte de luz que for analisada (para que tenhamos o comprimento de onda), para isso, clique

nas **“configurações”**  **“Normal fluorescent light”** e nos tracejados que aparecerão na tela (figura 3). Aguarde.



Imagem 1 - Tela inicial

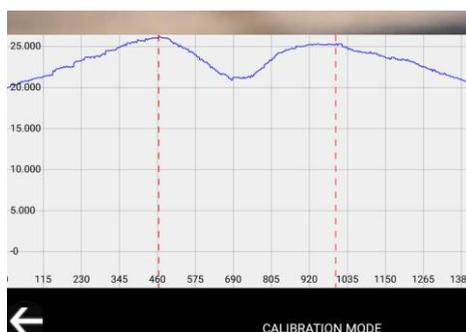


Imagem 2 - Tracejados de calibração

Descreva o que você observou no experimento: Para isso, utilize texto, desenhos, esquemas e/ou gráficos.

Desligue a lâmpada e NÃO feche o aplicativo.

ETAPA DE EXPLICAÇÃO:

Explique se houve alguma diferença entre o que você imaginou e o que ocorreu no experimento (visualizou na tela do celular):

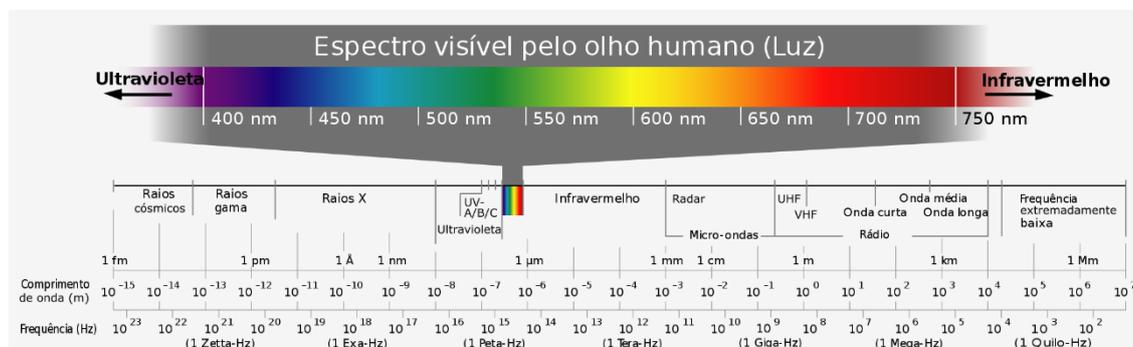
APÊNDICE C – GUIA – ABSORÇÃO LUMINOSA

ATIVIDADE 2 – ABSORÇÃO.

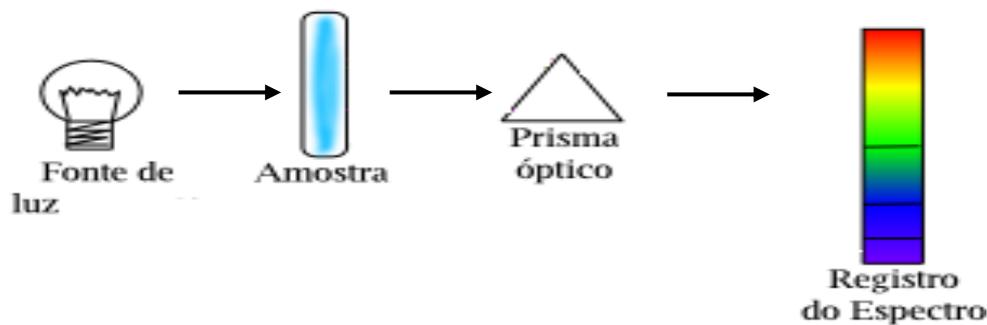
Nesta atividade será utilizado o aplicativo de celular *SpectraUPB*, elaborado pela Universidade Privada Boliviana, localizada em Colcapirhua, Bolívia, para visualizar o espectro visível produzido por diferentes fontes de luz ou, como é o nosso caso, o espectro visto após a fonte de luz incidir em uma substância (amostra). O que você irá visualizar, de maneira prática, é um experimento realizado em laboratórios de pesquisa (utilizado com diversas finalidades) e está presente nas diferentes áreas da ciência, como física, química e biologia. Como os equipamentos para a realização do mesmo são de alto custo e não seriam a melhor forma para se trabalhar (agilmente) em sala de aula, optamos em utilizar este aplicativo que mostra, em tempo real, a decomposição das cores de uma fonte luminosa ou após a mesma atravessar uma amostra colorida. Não se trata de uma simulação.

ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO (VISÍVEL):

A luz *visível* é uma forma de radiação eletromagnética a qual compõem o espectro eletromagnético. Abaixo, por exemplo, visualizamos o espectro de luz visível de uma fonte de luz branca.



FUNCIONAMENTO:



No esquema simplificado acima, visualizamos uma fonte luz (lâmpada branca, por exemplo) colocada em frente a uma amostra (água com corante), apesar do exemplo utilizar uma substância na cor azul, podemos variar as cores do que será analisado, uma grade de difração (prisma) posicionada após a amostra e, ao final, obtemos o espectro da luz que passa através do corante e é decomposta (difratada) pelo prisma. O espectrofotômetro é um equipamento em que uma fonte de luz é utilizada para emissão luminosa, a qual passa por uma substância (corante, por exemplo), entra em uma abertura estreita (fenda), chega até a grade de difração corretamente posicionada e produz, com a decomposição da luz, o seu espectro eletromagnético (decompõe a luz em suas diferentes frequências).

ATIVIDADE: EMISSÃO DE LUZ

Vamos utilizar o aplicativo SpectraUPB da Universidade Privada Boliviana. Na câmera do celular, é colocado uma pequena parte de um CD -ROM sem a película refletora, o qual serve como grade de difração, um tubo contendo uma abertura (fenda) na frente, por onde os raios de luz emitidos passarão e, em frente a fonte, em um recipiente, adicionamos água com corante. Esta substância é que será analisada por meio de seu espectro. É necessário posicionar o celular (tubo) à frente da amostra. O aplicativo é simples e você deve apenas enquadrar o espectro de luz no *retângulo azul* e apertar para o gráfico ser *plotado*. Fazendo isso, o dispositivo eletrônico torna-se um espectrofotômetro (pouca precisão).

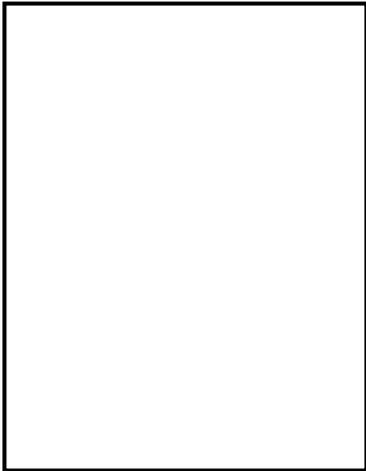
III. LÂMPADA BRANCA (exemplo INCANDESCENTE):

Realize a atividade na ordem em que for solicitada.

Realize a atividade: Entre no aplicativo, clique em *SPECTROMETER* enquadre o espectro que será mostrado no celular, clique para *plotar*, aguarde. **É necessário calibrar o**

aparelho para cada fonte de luz que for analisada (para que tenhamos o comprimento de onda), para isso, clique nas *“configurações”*, *“Normal fluorescent light”* e nos tracejados que aparecerão na tela. Aguarde.

Descreva o que você observou no experimento: Para isso, utilize texto, desenhos, esquemas e/ou gráficos.

_____	

IV. CORANTES

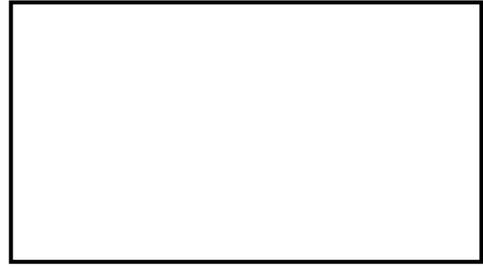
COMECAREMOS UTILIZANDO A COR 1 (por exemplo, um CORANTE AZUL):

Para realizarmos a primeira tarefa de absorção luminosa, vamos utilizar água e um corante de cozinha (cor 1, pode ser qualquer cor). Misture-os em um recipiente transparente e posicione o tubo em frente ao mesmo (amostra).

ETAPA DE PREVISÃO:

Antes de analisar o fenômeno, **explique, como se estivesse explicando para um colega, o que você imagina que será identificado na tela do celular ao posicioná-lo em frente a amostra de cor 1 (exemplo azul)? Para isso, utilize texto, desenhos, esquemas e/ou gráficos.**

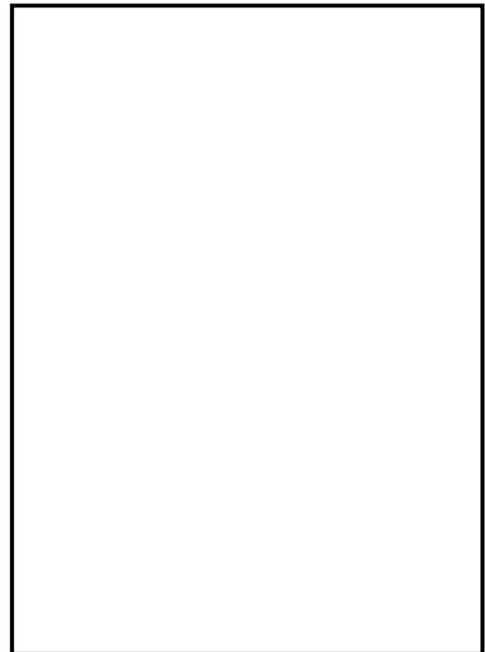
_____	



REPITA O MESMO PROCESSO PARA A AMOSTRA DE COR 2 (por exemplo, uma COR VERMELHA).

ETAPA DE PREVISÃO:

Antes de analisar o fenômeno, descreva, como se estivesse explicando para um colega, o que você imagina que será identificado na tela do celular ao posicioná-lo em frente a amostra de cor 2 (exemplo cor vermelha)? Para isso, utilize texto, desenhos, esquemas e/ou gráficos.



ETAPA DE OBSERVAÇÃO:

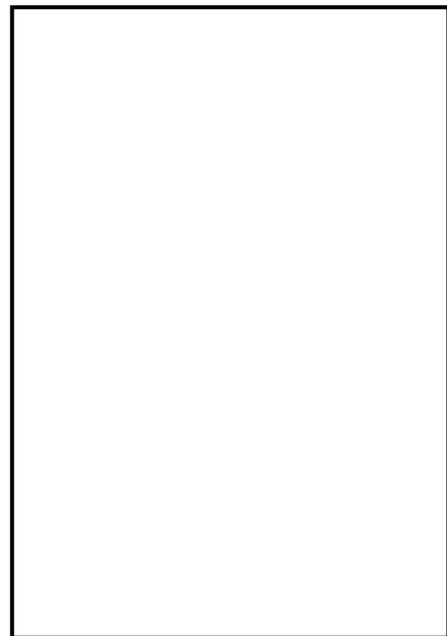
Descreva o que você observou no experimento: Para isso, utilize texto, desenhos, esquemas e/ou gráficos.





ETAPA DE EXPLICAÇÃO:

Explique se houve alguma diferença entre o que você imaginou e o que ocorreu no experimento (visualizou na tela do celular):



Você notou alguma diferença na tela do celular entre a utilização das diferentes amostras (cor 1 e cor 2)? Se sim, explique como se estivesse explicando para um colega, o que aconteceu de diferente e qual/quais motivo(s) você imagina que influenciou/influenciaram no experimento? Para isso, utilize texto, desenhos, esquemas e/ou gráficos.



APÊNDICE D – 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 um Espectrofotômetro de Baixo Custo para o Ensino de Conceitos de Luz e Cor em Física*. Esta pesquisa é da responsabilidade da pesquisadora Juliana Rodrigues dos Anjos (Av. Farrapos 8001, prédio 14 – sala 338, juranjos@rede.ulbra.br) e está sob a orientação do Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto (agostinho.serrano@ulbra.br).

Este Termo de Consentimento pode conter informações que você não entenda. Caso haja alguma dúvida, pergunte à pessoa que está lhe entrevistando para que esteja bem esclarecido (a) sobre sua participação na pesquisa. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer pagamento para participar. Você será esclarecido(a) sobre qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. Após ler as informações a seguir, caso aceite participar do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é para ser entregue aos seus pais para guardar e a outra é do pesquisador responsável. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema se desistir, é um direito seu. Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar um Termo de Consentimento, podendo retirar esse consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA: A pesquisa tem como objetivo identificar, dentre as quatro Mediações, quais mecanismos de processamento externo proporcionam a produção de imagens mentais nos estudantes do Ensino Médio após utilizarem um aplicativo de celular que realiza a análise de espectros de emissão e absorção. E, após a intervenção (atividades da pesquisa), pretendemos traçar um Perfil de Nível de Mediação Externa, de acordo com a noção dos fenômenos, expressadas individualmente pelos participantes. Os alunos serão atendidos pela pesquisadora. Ela ocorrerá entre o segundo semestre de 2020 e o primeiro semestre de 2021 na forma de projeto extraclasse para os alunos voluntários, durante o contraturno dos mesmos. Os dados adquiridos através desta investigação serão utilizados na dissertação de Mestrado da pesquisadora que tem como objetivo investigar de que forma ocorre a construção das imagens mentais nos estudantes. 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 de computador pessoal, sob a responsabilidade da pesquisadora e do orientador, no endereço (acima informado ou colocar o endereço do local), pelo período de no mínimo 5 anos. Nem você e nem seus pais [ou responsáveis legais] pagarão nada para você participar desta pesquisa. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação e de seus pais serão assumidas ou ressarcidas pelos pesquisadores. Fica também garantida indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da sua participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial.

Este documento passou pela aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos que está no endereço: **Av. Farroupilha, nº 8.001 – prédio 14, sala 224 – Bairro: São José – Canoas/RS, CEP: 92425-900, Tel.: (51) 3477-9217 – e-mail: comitedeetica@ulbra.br**.

Assinatura do pesquisador (a)

ASSENTIMENTO DO MENOR DE IDADE EM PARTICIPAR COMO VOLUNTÁRIO

Eu, _____, portador (a) do documento de Identidade _____ (se já tiver documento), abaixo assinado, concordo em participar do estudo “*Utilização de um Espectrofotômetro de Baixo Custo para o Ensino de Conceitos de Luz e Cor em Física*” como voluntário (a). Fui informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) 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 precisemos 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. 2 testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome: _____

Nome: _____

Assinatura: _____

Assinatura: _____

APÊNDICE E – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA MENORES

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

1. IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA													
Título do Projeto: Utilização de um Espectrofotômetro de Baixo Custo para o Ensino de Conceitos de Luz e Cor em Física													
Área do Conhecimento: Ciências e Matemática					Número de participantes: 15								
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: Universidade Luterana do Brasil - Canoas													
Nome dos pesquisadores e colaboradores: Juliana Rodrigues dos Anjos (pesquisadora)													

Você está sendo convidado (a) para participar do projeto de pesquisa acima identificado. O documento abaixo contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos fazendo. Sua colaboração neste estudo será de muita importância para nós, mas, se desistir, a qualquer momento, isso não causará nenhum prejuízo para você.

2. IDENTIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA			
Nome:		Data de Nasc.:	Sexo:
Nacionalidade:		Estado Civil:	Profissão:
RG:	CPF/MF:	Telefone:	E-mail:
Endereço:			

3. IDENTIFICAÇÃO DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL		
Nome: Juliana Rodrigues dos Anjos		Telefone: (51) 996005025
Profissão: Professora	Registro no Conselho N°:	E-mail: juranjos@gmail.com
Endereço: Av. Farroupilha, 8001 – prédio 14, sala 338, bairro: São José – Canoas.		

Eu, participante da pesquisa, abaixo assinado(a), após receber informações e esclarecimento sobre o projeto de pesquisa, acima identificado, concordo de livre e espontânea vontade em participar como voluntário(a) e estou ciente:

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 o conceito de luz e cor, através de uma técnica interdisciplinar e experimental. As atividades serão semanais, perante horários marcados com a pesquisadora. Durante o período de pesquisa, iremos demonstrar conteúdos de Física através de atividades variadas. Com a participação dos alunos, pretendemos investigar como eles desenvolvem imagens mentais para a compreensão dos fenômenos estudados, bem como quais atividades são mais relatadas ao resolver os problemas propostos. Aos alunos que participarem desse projeto, será possibilitado a compreensão de conceitos científicos pertinentes para a sua formação como professor de Física.

2. Do objetivo de minha participação.

A sua participação é de extrema importância para nossa pesquisa, pois buscamos investigar como os estudantes desenvolvem imagens mentais para a compreensão dos fenômenos que serão trabalhados, bem como estaremos desenvolvendo atividades experimentais (qualitativas) sobre espectroscopia de emissão e absorção, temas pertinentes do curso de Física.

3. Do procedimento para coleta de dados.

Iremos aplicar questionários, atividades experimentais com a utilização de um aparelho eletrônico, a utilização de um roteiro e realizaremos, após as aplicações, entrevistas com cada participante em horários a combinar, na Universidade.

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. No entanto, nessa pesquisa, os participantes serão convidados a participar livremente, o único risco que pensamos ser possível é de que os estudantes fiquem desconfortáveis em alguns momentos da entrevista, mas ficando livres de não participarem a qualquer momento.

6. Dos benefícios.

Participando desta pesquisa os alunos do curso de Física terão a possibilidade de aprender mais e compreender melhor os fenômenos sobre luz e cor, através de técnicas da espectroscopia de emissão e absorção, bem como realizarão experimentos com seus próprios aparelhos celulares a respeito da técnica interdisciplinar fora de um ambiente formal de ensino, algo bastante valioso para os futuros professores. Para a sociedade e ciência será benéfico investigar como ocorre o desenvolvimento de imagens mentais pelos estudantes para compreender esses fenômenos.

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 estudantes é de responsabilidade da pesquisadora, ficando a disposição para possíveis esclarecimentos.

10. Da liberdade de recusar, desistir ou retirar meu consentimento.

Tenho a liberdade de recusar, desistir ou de interromper a colaboração nesta pesquisa no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação. A desistência não causará prejuízo algum e não irá interferir na pesquisa Utilização de um Espectrofotômetro de Baixo Custo para o Ensino de Conceitos de Luz e Cor em Física.

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 **Juliana Rodrigues dos Anjos**. Em caso de dúvidas não esclarecidas de forma adequada pela pesquisadora de discordância com os procedimentos, ou de irregularidades de natureza ética poderei ainda contatar o **Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da ULBRA Canoas (RS)**, com endereço na Rua Farroupilha, 8001 – Prédio 14 – Sala 224, Bairro São José, CEP 92425-900 - telefone (51) 3477-9217, e-mail comitedeetica@ulbra.br.

Declaro que obtive todas as informações necessárias e esclarecimento quanto às dúvidas por mim apresentadas e, por estar de acordo, assino o presente documento em duas vias de igual conteúdo e forma, ficando uma em minha posse.

_____ (), _____ de _____ de _____.

Pesquisador Responsável pelo Projeto

Participante da Pesquisa e/ou Responsável

APÊNDICE F – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA
MAIORES

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

1. IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA													
Título do Projeto: Utilização de um Espectrofotômetro de Baixo Custo para o Ensino de Conceitos de Luz e Cor em Física													
Área do Conhecimento: Ciências e Matemática					Número de participantes: 15								
Curso: Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática					Unidade: Programa de Pós-Graduação de Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM)								
Projeto Multicêntrico		Sim	<input checked="" type="checkbox"/>	Não	<input checked="" type="checkbox"/>	Nacional		Internacional	Cooperação Estrangeira		Sim	<input checked="" type="checkbox"/>	Não
Patrocinador da pesquisa: Pesquisadora													
Instituição onde será realizado: Universidade Luterana do Brasil - Canoas													
Nome dos pesquisadores e colaboradores: Juliana Rodrigues dos Anjos (pesquisadora)													

Você está sendo convidado (a) para participar do projeto de pesquisa acima identificado. O documento abaixo contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos fazendo. Sua colaboração neste estudo será de muita importância para nós, mas, se desistir, a qualquer momento, isso não causará nenhum prejuízo para você.

2. IDENTIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA			
Nome:		Data de Nasc.:	Sexo:
Nacionalidade:		Estado Civil:	Profissão:
RG:	CPF/MF:	Telefone:	E-mail:
Endereço:			

3. IDENTIFICAÇÃO DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL		
Nome: Juliana Rodrigues dos Anjos		Telefone:
Profissão: Professora	Registro no Conselho N°:	E-mail: juranjos@gmail.com
Endereço: Av. Farroupilha, 8001 – prédio 14, sala 338, bairro: São José – Canoas.		

Eu, participante da pesquisa, abaixo assinado(a), após receber informações e esclarecimento sobre o projeto de pesquisa, acima identificado, concordo de livre e espontânea vontade em participar como voluntário(a) e estou ciente:

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 o conceito de luz e cor, através de uma técnica interdisciplinar e experimental. As atividades serão semanais, perante horários marcados com a pesquisadora. Durante o período de pesquisa, iremos demonstrar conteúdos de Física através de atividades variadas. Com a participação dos alunos, pretendemos investigar como eles desenvolvem imagens mentais para a compreensão dos fenômenos estudados, bem como quais atividades são mais relatadas ao resolver os problemas propostos. Aos alunos que participarem desse projeto, será possibilitado a compreensão de conceitos científicos pertinentes para a sua formação como professor de Física.

2. Do objetivo de minha participação.

A sua participação é de extrema importância para nossa pesquisa, pois buscamos investigar como os estudantes desenvolvem imagens mentais para a compreensão dos fenômenos que serão trabalhados, bem como estaremos desenvolvendo atividades experimentais (qualitativas) sobre espectroscopia de emissão e absorção, temas pertinentes do curso de Física.

3. Do procedimento para coleta de dados.

Iremos aplicar questionários, atividades experimentais com a utilização de um aparelho eletrônico, a utilização de um roteiro e realizaremos, após as aplicações, entrevistas com cada participante em horários a combinar, na Universidade.

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. No entanto, nessa pesquisa, os participantes serão convidados a participar livremente, o único risco que pensamos ser possível é de que os estudantes fiquem desconfortáveis em alguns momentos da entrevista, mas ficando livres de não participarem a qualquer momento.

6. Dos benefícios.

Participando desta pesquisa os alunos do curso de Física terão a possibilidade de aprender mais e compreender melhor os fenômenos sobre luz e cor, através de técnicas da espectroscopia de emissão e absorção, bem como realizarão experimentos com seus próprios aparelhos celulares a respeito da técnica interdisciplinar fora de um ambiente formal de ensino, algo bastante valioso para os futuros professores. Para a sociedade e ciência será benéfico investigar como ocorre o desenvolvimento de imagens mentais pelos estudantes para compreender esses fenômenos.

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 estudantes é de responsabilidade da pesquisadora, ficando a disposição para possíveis esclarecimentos.

10. Da liberdade de recusar, desistir ou retirar meu consentimento.

Tenho a liberdade de recusar, desistir ou de interromper a colaboração nesta pesquisa no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação. A desistência não causará prejuízo algum e não irá interferir na pesquisa Utilização de um Espectrofotômetro de Baixo Custo para o Ensino de Conceitos de Luz e Cor em Física.

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 **Juliana Rodrigues dos Anjos**. Em caso de dúvidas não esclarecidas de forma adequada pela pesquisadora de discordância com os procedimentos, ou de irregularidades de natureza ética poderei ainda contatar o **Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da ULBRA Canoas (RS)**, com endereço na Rua Farroupilha, 8001 – Prédio 14 – Sala 224, Bairro São José, CEP 92425-900 - telefone (51) 3477-9217, e-mail comitedeetica@ulbra.br.

Declaro que obtive todas as informações necessárias e esclarecimento quanto às dúvidas por mim apresentadas e, por estar de acordo, assino o presente documento em duas vias de igual conteúdo e forma, ficando uma em minha posse.

_____ (), _____ de _____ de _____.

Pesquisador Responsável pelo Projeto

Participante da Pesquisa e/ou Responsável

APÊNDICE G – TERMO DE COMPROMISSO PARA UTILIZAÇÃO DE DADOS

**TERMO DE COMPROMISSO PARA UTILIZAÇÃO DE DADOS**

Título do Projeto: Utilização de um Espectrofotômetro de Baixo Custo para o Ensino de Conceitos de Luz e Cor em Física.

Os autores do projeto de pesquisa se comprometem a manter o sigilo dos dados coletados referentes aos participantes atendidos no **Colégio Estadual Dr. Wolfram Metzler**.

Concordam, igualmente, que estas informações serão utilizadas única e exclusivamente com finalidade científica, preservando-se integralmente o anonimato dos participantes.

SÃO LEOPOLDO, 24 de outubro de 2020

Autores do Projeto	
Nome	Assinatura
Juliana Rodrigues dos Anjos	<i>Juliana Anjos</i>

APÊNDICE H – CARTA DE ANUÊNCIA

COLÉGIO ESTADUAL DR. WOLFRAMMETZLER
CARTA DE ANUÊNCIA DO LOCAL DA COLETA DE DADOS



Ao Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Luterana do Brasil/RS

Prezados Senhores,

Declaro que tenho conhecimento e autorizo a realização do projeto de pesquisa intitulado "Utilização de um Espectrofotômetro de Baixo Custo para o Ensino de Conceitos de Luz e Cor em Física", proposto pelo(s) pesquisador (es) Juliana Rodrigues dos Anjos.

O referido projeto será realizado de forma voluntária, na modalidade presencial, com alunos do terceiro ano de uma turma do Colégio Estadual Dr. Wolfram Metzler, localizada na cidade de Novo Hamburgo e só poderá ocorrer a partir da apresentação do Parecer de Aprovação do Colegiado do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Luterana do Brasil/RS.

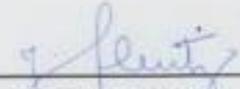
Local e data: NH 26 de outubro, 2020

Nome: Juliana Cristina Pientz Petry

Função na Instituição: Supervisora

Endereço: Rua Silveira Martins, 979, Bairro Centro

Colégio Estadual Dr. Wolfram Metzler
 Novo Hamburgo
 Port. N° 109 de 14/04/00 - D.O 17/04/00


 Assinatura e carimbo

Juliana Cristina Pientz Petry
 S.047 - 1078 Educacional