



Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências
Campus Nilópolis

Emanuelle São Leão de Lima

**UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA CONTEXTUALIZAÇÃO DE
CONCEITOS FÍSICOS EM CURSOS DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE
CIÊNCIAS NA MODALIDADE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA (EAD)**

Nilópolis – RJ

2020

Emanuelle São Leão de Lima

**UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA CONTEXTUALIZAÇÃO DE
CONCEITOS FÍSICOS EM CURSOS DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE
CIÊNCIAS NA MODALIDADE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA (EAD)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro IFRJ/Nilópolis, modalidade profissional, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Denise Leal de Castro

Nilópolis – RJ

2020

L732p Lima, Emanuelle São Leão de.

Uma proposta interdisciplinar para contextualização de conceitos físicos em cursos de formação de professores de ciências na modalidade educação a distância (EAD) / Emanuelle São Leão de Lima. -- Nilópolis, 2020.

172 f. : il. ; 30 cm.

Orientação: Denise Leal de Castro.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências – PROPEC, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Nilópolis, 2020.

1. Professores - Formação. 2. Física - Estudo e ensino. 3. Ensino à distância. 4. Abordagem interdisciplinar do conhecimento na educação. I. Castro, Denise Leal de, **orient.** II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro. PROPEC. III. Título.

Emanuelle São Leão de Lima

**UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA CONTEXTUALIZAÇÃO DE
CONCEITOS FÍSICOS EM CURSOS DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE
CIÊNCIAS NA MODALIDADE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA (EAD)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro IFRJ/Nilópolis, modalidade profissional, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Data da aprovação: _____ de _____ de _____.

Prof^ª. Dr^ª. Denise Leal de Castro (orientadora)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ

Prof^ª. Dr^ª. Eline Deccache Maia

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ

Prof^ª. Dr^ª. Alcina Maria Testa Braz da Silva

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ

Nilópolis – RJ

2020

Aos meus queridos pais Lucijane e Ulisses e
meus amados irmãos, Ulisses Júnior e Luiz Henrique

AGRADECIMENTOS

A Deus que pela sua imensa bondade me ensinou a ter fé e a acreditar em um futuro melhor. Pela sua imensa misericórdia, me carregou nos braços nos momentos de fraqueza e pela sua imensa sabedoria me colocou próxima a pessoas boas e amáveis com quem eu pude contar.

À minha família, meus pais, irmãos e avó Janice. Por cuidarem de mim, apoiarem meus projetos e compreenderem meus momentos de ausência. Aos meus queridos avós (*in memoriam*) Luiz Gomes e Eluzineth Correia, que em vida sempre se demonstraram orgulhosos pela minha dedicação aos estudos. Pelas suas palavras de carinho e incentivo para que eu pudesse sempre seguir meus sonhos. À minha querida tia Luciene pela parceria e compartilhamento de seus conhecimentos. Por ter me acompanhado desde o início até o fechamento deste trabalho.

À minha admirável orientadora Denise Leal, que demonstrou que sua lealdade vai além de seu sobrenome. Agradeço pela sua bondade e confiança, pelos seus ensinamentos e, principalmente, pela sua paciência. Pois, sei que exige bastante dela.

À professora Eline Deccache pelas críticas e apontamentos durante a produção do trabalho e à professora Alcina Maria com quem tive a honra de trabalhar durante a minha formação inicial e que, novamente, tenho a oportunidade de receber suas contribuições para a continuação de meus estudos e aperfeiçoamento profissional.

Ao professor Vitor Luiz pelas leituras, críticas e sugestões no trabalho.

Ao Claudio de Alencar Padua pela revisão e leitura minuciosa.

A toda equipe do CEDERJ polo Campo Grande, pela parceria e os ótimos momentos que passamos juntos. Em especial, à amiga e coordenadora do curso de Física Tatiana Mota por seu apoio e incentivo que permitiram tornar esse projeto possível.

À família “MALU”, que guardarei com carinho todos os momentos vividos. Pelos ensinamentos e acolhimento. Em especial à Ana Rogéria, que sempre demonstrou carinho e cuidado. Incentivou e acreditou nas minhas potencialidades. Às minhas amigas Juliani e Mary Glaucia pela amizade, pelas conversas e ideias trocadas. Por tornarem minhas tardes mais alegres.

Aos professores e colegas do Mestrado Profissional, pelos momentos compartilhados. Em especial aos meus novos amigos Elizabeth e Tupiracy, por me receberem

espontaneamente em seu grupo de “desesperados” e me proporcionarem muitas risadas. Agradeço por toda contribuição que me forneceram.

Um agradecimento especial à minha amiga Cristiane Cordeiro, pelo cuidado, pelo zelo, por ter sido uma “mãezona” e pelas conversas trocadas em seu “Divã de quatro rodas”.

Às excelentes profissionais, Danielle Freitas e Mariana Moreno por terem sempre me apoiado desde a época da minha formação inicial. À Josiane Pereira pelo ótimo trabalho e apoio durante a produção de minha dissertação.

A equipe do CIEP Raymundo Ottoni de Castro Maya pela parceria, bom convívio e apoio na etapa final.

Por fim, aos meus queridos alunos e a todos aqueles que durante a minha caminhada pude contribuir com a formação e aprendizado. Que com toda certeza de alguma forma contribuíram para que eu pudesse seguir em frente.

Estude muito o que mais lhe interessa
da maneira mais indisciplinada,
irreverente e original possível.

Richard Feynman

LIMA, Emanuelle São Leão de. Uma proposta interdisciplinar para contextualização de conceitos físicos em cursos de formação de professores de ciências na modalidade educação a distância (EAD). 172 f. (Dissertação). Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), *Campus Nilópolis*, Rio de Janeiro, RJ, 2020.

RESUMO

No segundo segmento do Ensino Fundamental, o professor de Ciências da Natureza é habitualmente um profissional licenciado em Ciências Biológicas. No entanto, a falta de domínio de muitos professores de todos os conteúdos e recursos que estão sob sua responsabilidade, os leva a transmitir aos seus alunos uma imagem simplista da Ciência. A existência dessas dificuldades presentes na construção dos conhecimentos e nas práticas pedagógicas desses professores está relacionada, muitas vezes, ao seu processo de formação inicial que apresenta deficiências tanto na formação específica quanto na pedagógica. Sob esta perspectiva, a presente dissertação pretendeu desenvolver um produto educativo interdisciplinar, capaz de relacionar conteúdos de Física com o curso de Licenciatura em Ciências Biológicas na modalidade de Educação a Distância (EAD), em um dos polos pertencentes à Fundação Centro de Ciências e Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro – Fundação CECIERJ/Consórcio CEDERJ. O objetivo é responder à seguinte inquietação comumente encontrada durante as práticas de ensino: Como promover o entendimento de que os conhecimentos da disciplina Física são importantes para a compreensão de alguns conceitos das Ciências Naturais, na formação inicial de futuros professores de Ciências? Para isso, foi construída uma sequência didática dividida em três momentos. Desdobrando-se entre palestras e oficina, com atividades experimentais investigativas que permitam a verificação da qualidade e a relevância do produto. A coleta dos dados foi feita a partir da aplicação de questionários semiestruturados e da observação dos registros audiovisuais feitos durante cada momento. A análise se deu por meio da interpretação livre dos gráficos e da articulação dos resultados com alguns discursos referenciais que tratavam sobre o tema. A pesquisa realizada buscou de certa forma auxiliar os futuros professores na abordagem conceitual dos temas presentes na disciplina de Física dos anos finais do Ensino Fundamental, levantando a questão sobre a importância de seu estudo durante a sua formação inicial docente.

Palavras-chave: formação de professores, ensino de física, EAD, interdisciplinaridade, experimentação.

LIMA, Emanuelle São Leão de. Uma proposta interdisciplinar para contextualização de conceitos físicos em cursos de formação de professores de ciências na modalidade educação a distância (EAD). 172 f. (Dissertação). Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), *Campus Nilópolis*, Rio de Janeiro, RJ, 2020.

ABSTRACT

In the second segment of Elementary Education, the teacher of Natural Sciences is usually a licensed professional in Biological Sciences. However, the lack of mastery of many teachers of all the contents and resources that are under their responsibility, leads to transmit to their students a simplistic image of Science. The presence of these difficulties present in the construction of knowledge and in the pedagogical practices of these teachers is often available in the initial training process, during which there are deficiencies in both specific training and pedagogy. In this perspective, this dissertation intended to develop an interdisciplinary educational product, capable of relating Physics contents to the Biological Sciences Degree course in Distance Education (DE), in one of the centers belonging to the Center for Science and Higher Education Foundation Distance from the State of Rio de Janeiro - Fundação CECIERJ / Consórcio CEDERJ. The objective is answer the following common research found during teaching practices: How to promote the understanding that the knowledge of Physics is important for the understanding of some concepts of Natural Sciences, in the initial formation of future Science teachers? For this, a didactic sequence was built divided into three moments. Unfolding between lectures and workshop, with investigative experimental practice that allow verification of the quality and relevance of the product. Data collection was done by applying semi-structured questionnaires and observing audiovisual records made during each moment. An analysis took place through the free interpretation of the graphics and the articulation of the results with some referential speeches that deal with the theme. A research carried out sought the auxiliary form of future teachers in the conceptual approach to the themes present in the discipline of Physics in the final years of Elementary School. Raising a question about the importance of your study during your initial teacher training. .

Keywords: teacher training, Physics Teaching, distance learning, interdisciplinarity, experimentation.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 2.1: Experimento da Câmara Escura. | 59 |
| Figura 2.2: Experimento de interação da Luz com a matéria. | 60 |
| Figura 2.3: Experimentos com a) espelho plano e b) espelho curvo. | 60 |
| Figura 2.4: Ciclo de aprendizagem deficiente. | 63 |
| Figura 3.1: Palestra de Óptica na Fundação CECIERJ / Consorcio CEDERJ – Polo Campo Grande. | 75 |
| Figura 3.2: Palestra de Óptica no CIEP 117 Carlos Drummond de Andrade Intercultural Brasil – Estados Unidos | 75 |
| Figura 3.3: Oficina de Óptica (espectro de cores). | 75 |
| Figura 3.4: Experimentos de a) Caixa de cores; b) Simulador de visão de cores; c) Teste de hidróxido de amônia. | 77 |
| Figura 4.1: Caixa de cores vista por a) e b) dentro e c) e d) fora. | 101 |
| Figura 4.2: Representação do funcionamento do experimento “Raio de Calor” construído por Arquimedes | 106 |
| Figura 4.3: O princípio de Huygens aplicado a (a) uma frente de onda plana, a (b) reflexão e (c) refração. | 107 |
| Figura 4.4: (a) A onda incidente é difratada pela fenda S_0 , que emite frente de ondas semicirculares, que ao chegarem nas fendas S_1 e S_2 são difratadas novamente até atingirem o anteparo. Local onde é possível observar um padrão de interferência (b). | 108 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 4.5: Esquema do experimento de fendas estreitas. | 109 |
| Figura 4.6: Esquema do experimento de dispersão da luz. | 110 |
| Figura 4.7: Efeito Fotoelétrico. Com ejeção de elétrons proporcionais ao (a) aumento da intensidade luminosa e ao (b) aumento da frequência da luz. Na figura podemos observar a dependência de ambas variáveis para o processo de Efeito Fotoelétrico. | 111 |
| Figura 4.8: Espectro Eletromagnético. | 112 |
| Figura 4.9: Experiência da “Caixa de Cores”. | 114 |
| Figura 4.10: Interpretação do cérebro para a) cor monocromática, b) sobreposição das cores Vermelha e Verde e c) Soma de todas as cores. | 117 |
| Figura 4.11: Interpretação do cérebro para as cores Vermelha e Azul quando tiverem na sua intensidade luminosa (a) máxima, (b) máxima para Vermelha e reduzida para a Azul e (c) reduzida para ambas as cores. | 118 |
| Figura 4.12: Absorção e reflexão da luz por corpos opacos. | 119 |
| Figura 4.13: Cores Primárias (a) da Luz (emissão) e (b) do Pigmento (absorção). | 120 |
| Figura 4.14: Cor da Imagem quando sobre ela se incide a luz (a) branca e (b) vermelha. | 120 |
| Figura 4.15: Fotografia do vestido polêmico visto nas cores (a) Branco e dourado e (b) Azul e Preto. | 122 |
| Figura 4.16: Infográfico a respeito da cor verdadeira do vestido misterioso. | 124 |
| Figura 4.17: Esquema simples da formação de uma imagem no olho humano. | 125 |
| Figura 4.18: Apresentação e explicação dos principais componentes do olho humano. | 127 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 4.19: Atuação do cone azul para a luz a) azul e para a luz b) vermelha, c) verde e d) branca. | 128 |
| Figura 4.20: Esquema das estruturas envolvidas no sistema visual. | 129 |
| Figura 4.21: Simulador de Visão de Cores. | 132 |
| Figura 4.22: Imagem a) da montagem do simulador, b) do registro de dados pelo multímetro e c) dos filtros nas cores Verde, Azul e Vermelho. | 133 |
| Figura 4.23: Etapas de (a) explicação e montagem, (b) cálculo dos dados e (c) registro das medidas. | 134 |
| Figura 4.24: Tipos de Daltonismo. | 139 |
| Figura 4.25: Teste de Ishihara. | 141 |
| Figura 4.26: Diferença entre a visão de cores vista pelo ser humano e por um cachorro. | 142 |
| Figura 8.27: Diferença entre a visão de cores vista pelo ser humano e por pássaros. | 143 |
| Figura 4.28: Diferença entre a visão de cores vista pelo ser humano e por abelhas e borboletas. | 144 |
| Figura 4.29: Prática realizada durante a oficina: flores amostrais coletadas (A); teste de hidróxido de amônio (B e C); <i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski (Margaridão) (D); <i>Catharanthus roseus</i> (L.)G.Don (Vinca) (E) e <i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw (Flamboyant de jardim) (F). | 146 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfico 4.1: Referente à faixa etária dos participantes da pesquisa dividida por curso | 80 |
| Gráfico 4.2: Referente ao número de alunos matriculados na disciplina de ICF I (2019.1) | 81 |
| Gráfico 4.3: Referente ao número de alunos retidos na disciplina de ICF I (2019.1) | 82 |
| Gráfico 4.4: Referente à primeira questão de tópicos de Óptica | 84 |
| Gráfico 4.5: Referente à segunda questão de tópicos de Óptica | 89 |
| Gráfico 4.6: Referente à terceira questão de tópicos de Óptica | 91 |
| Gráfico 4.7: Referente à quarta questão de tópicos de Óptica | 94 |
| Gráfico 4.8: Referente à (a) e (b) quinta questão e de tópicos de Óptica | 96 |
| Gráfico 4.9: Referente à sexta questão de tópicos de Óptica | 98 |
| Gráfico 4.10: Referente à sétima questão de tópicos de Óptica | 99 |
| Gráfico 4.11: Referente à (a) Imagem e (b) ao primeiro item da oitava questão de tópicos de Óptica | 102 |
| Gráfico 4.12: Referente à (a) Imagem e (b) ao segundo item da oitava questão de tópicos de Óptica | 102 |
| Gráfico 4.13: Referente à (a) Imagem e (b) ao terceiro item da oitava questão de tópicos de Óptica | 103 |
| Gráfico 4.14: Referente à (a) Imagem e (b) ao quarto item da oitava questão de tópicos de Óptica | 103 |

Gráfico 4.15: Referente à área de absorção relativa de luz para cada tipo de cone em função do comprimento de onda incidente

LISTA DE QUADROS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Quadro 2.1: Unidades temáticas para o ensino de Ciências do Ensino Fundamental. | 54 |
| Quadro 2.2: Temas de Física trabalhados na disciplina de Ciências do 9º ano do Ensino Fundamental. | 55 |
| Quadro 2.3: Ementas e períodos das disciplinas oferecidas aos cursos de Licenciatura em Física, Matemática e Ciências Biológicas. | 58 |
| Quadro 3.1: Momentos de aplicação e verificação do Produto Educativo. | 74 |
| Quadro 3.2: Materiais utilizados para a construção de experimentos da oficina de óptica. | 77 |
| Quadro 4.1: Critérios para interpretação dos dados obtidos e convenção para o desempenho dos filtros. | 135 |

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.1:** Proporção de docentes sem formação superior compatível com quaisquer das disciplinas que lecionam anos finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio - Brasil e regiões (2018). 25
- Tabela 4.1:** Percentual de disciplinas ministradas por professores com formação superior de licenciatura na mesma área por região, segundo a etapa de ensino – 2019. 88
- Tabela 4.2:** Interpretação codificada de algumas cores pelas diferentes sensibilizações dos três tipos de cones. 131
- Tabela 4.3:** Dados de resistência elétrica em $k\Omega$ coletados durante a simulação. 134
- Tabela 4.4:** Aplicação dos critérios de interpretação dos dados. 136
- Tabela 4.5:** Aplicação dos critérios de interpretação dos dados pelo referencial adotado. 136

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|
| AD | Avaliação a Distância |
| AP | Avaliação Presencial |
| AVA | Ambiente Virtual de Aprendizagem |
| BNCC | Base Nacional Comum Curricular |
| CECIERJ | Centro de Ciências e Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro |
| CEDERJ | Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro |
| CEFET/RJ | Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca |
| CMKY | <i>Cyan, Magenta, Black e yellow</i> (Ciano, Magenta, Preto e Amarelo) |
| CNE | Conselho Nacional de Educação |
| DCN | Diretrizes Curriculares Nacionais |
| EAD | Educação a Distância |
| ENEM | Exame Nacional do Ensino Médio |
| FMC | Física Moderna e Contemporânea |
| GLP | Gratificação por Lotação Prioritária |
| GRAF | Grupo de Reelaboração do Ensino de Física |
| ICF I | Introdução às Ciências Físicas I |
| ICF II | Introdução às Ciências Físicas II |
| IFRJ | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro |
| INEP | Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira |
| LDB | Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional |
| LDR | <i>Light Dependent Resistor</i> (Resistor Dependente de Luz) |
| LED | <i>Light Emitting Diode</i> (Diodo Emissor de Luz) |
| MDF | <i>Medium Density Fiberboard</i> (Placa de Fibra de Média Densidade) |
| MEC | Ministério da Educação e Cultura |
| MOODLE | <i>Modular object oriented dynamic learning environment</i> |
| PDF | <i>Portable Document Format</i> (Formato Portátil de Documento) |
| PET | Poli(Etileno) Tereftalato |
| PHET | <i>Physics Education Technology</i> (Tecnologia Educacional em Física) |
| POE | Previsão, Observação e Explicação |
| RGB | <i>Red, Green e Blue</i> (Vermelho, Verde e Azul) |

| | |
|--------|---------------------------------------------------------|
| SECTI | Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovação |
| SEI | Sequência de Ensino Investigativa |
| TCC | Trabalho de Conclusão de Curso |
| TCLE | Termo de Consentimento Livre e Esclarecido |
| UENF | Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro |
| UERJ | Universidade do Estado do Rio de Janeiro |
| UFF | Universidade Federal Fluminense |
| UFRJ | Universidade Federal do Rio de Janeiro |
| UFRRJ | Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro |
| UNIRIO | Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|------------|--------------------------------------------------------|
| Ω | <i>Ohm</i> (unidade de medida da resistência elétrica) |
| λ | Comprimento de onda |
| eV | Elétron-Volt |
| f | Frequência |
| J | Joule |
| nm | Nanômetro |
| P (%) | Porcentagem |
| R | Resistência |
| s | Segundo |
| THz | Terahertz |
| ΔR | Varição da resistência |
| v | Velocidade da luz no meio |
| c | Velocidade da luz no vácuo |
| W | Watt |

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| APRESENTAÇÃO | 22 |
| 1. INTRODUÇÃO | 24 |
| 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 27 |
| 2.1 A FORMAÇÃO DOCENTE E A CONSTRUÇÃO DO SABER | 28 |
| 2.2 OS DESAFIOS DA FORMAÇÃO DOCENTE | 33 |
| 2.3 CURRÍCULO COMO UMA PRÁTICA CULTURAL | 37 |
| 2.4 REFORMAS CURRICULARES EMERGENCIAIS | 42 |
| 2.5 A PROBLEMÁTICA DA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA | 45 |
| 2.6 O CEDERJ E AS PERSPECTIVAS EM UMA FORMAÇÃO EAD | 48 |
| 2.7 O ALUNO DO MEU ALUNO: UM SUJEITO OCULTO | 50 |
| 2.8 OS CAMINHOS DA INTERDISCIPLINARIDADE | 63 |
| 2.9 SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA | 67 |
| 3. METODOLOGIA | 71 |
| 3.1 O PRODUTO EDUCATIVO | 76 |
| 3.2. OFICINA – O ESPECTRO DE CORES COMO MEIO DE INTERAÇÃO ENTRE OS SERES VIVOS E SEU HABITAT | 76 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 78 |
| 4.1 CONHECENDO OS PARTICIPANTES DA PESQUISA | 79 |
| 4.2 MAPEAMENTO DAS DIFICULDADES ACADÊMICAS DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA SOBRE TÓPICOS DE ÓPTICA | 83 |
| 4.2.1 Oficina: O espectro de cores como meio de interação entre os seres vivos e seu habitat | 105 |
| 5. O ENSINO DE CIÊNCIAS E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA | 149 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 157 |
| REFERÊNCIAS | 161 |

APÊNDICE

168

ANEXOS

170

APRESENTAÇÃO

Minha história no Ensino começou antes mesmo do primeiro “B, A, BA”. Pois, tendo professoras como mãe, tias e madrinha, o ambiente de sala de aula sempre esteve presente tanto nos estudos na escola quanto em casa, observando suas atividades de planejamento, confecção e correção de atividades escolares. Não muito longe, já me via brincando de ensinar com minhas bonecas e irmão mais novo. Atividades como essas, vistas já com olhares mais maduros, nos bancos escolares do Instituto de Educação Carmela Dutra, situado no bairro Madureira. Na época, não sentia tanto fervor em atuar como professora devido aos conhecimentos da precarização que esta categoria tanto sofria, mas não impossibilitou minha dedicação aos estudos.

O sentimento de desânimo e desmotivação que antes apenas assombrava os pensamentos no início dos estudos do magistério tomava corpo quando me deparava com as portas fechadas das diversas escolas em que deixei meu currículo. Ouvindo a mesma frase repetidamente: *“aceitamos somente com experiência”*. Como se as centenas de horas de estágio não tivessem sido suficientes. E assim, como muitos na procura do primeiro emprego, perguntava retoricamente às minhas angústias: *“como posso ter experiência se não é me dado oportunidade?”*. Em resposta, busquei atuação em ramos bem diferentes da sala de aula. Mas, o distanciamento da profissão não me desanimou por completo. Como numa espécie de combustível, esse intervalo abasteceu ainda mais a minha vontade pela continuidade dos estudos.

Aprovada em 2008 para o curso de Licenciatura em Física, na época conhecido como Centro Federal de Educação Tecnológica de Química, situado em Nilópolis, realizei a tão sonhada graduação, na qual sou licenciada desde 2014, pelo agora conhecido Instituto Federal do Rio de Janeiro. Em que fui bolsista de iniciação científica (PIBIC), na qual tive a oportunidade de apresentar trabalhos em eventos e jornadas científicas, que contribuíram muito para minha formação inicial.

Logo após sua conclusão, iniciei o Mestrado em Engenharia Nuclear pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mas, embora apresentasse linhas de pesquisas bem próximas da área em que me formei, não me sentia tão envolvida com os propósitos estudados. Acredito que ouvir a fala de um docente a respeito da extrema brevidade dada à mecanização da aprendizagem, *“você faz e refaz até aprender. Se sobrar tempo você vê para que serve”*, pode ter contribuído para minha decisão de abandonar o curso, pois, de alguma forma, me sentia distante do envolvimento com as

questões de ensino e aprendizagem que tanto me foram incentivadas desde os bancos escolares do Carmela.

As falas deixadas aqui podem parecer um tanto duras, mas deixaram suas marcas. Por meio delas, pude enxergar os caminhos que realmente almejava e que me fizeram decidir quais trilhas percorrer. Foi então que, após alguns meses, dei os meus primeiros passos como professora contratada para lecionar a disciplina de Física na rede estadual do Rio de Janeiro (SEEDUC), contratação que foi renovada em 2016. Na rede, atuei em turmas de Ensino Médio Regular e na modalidade de Jovens e Adultos (EJA). Nesse mesmo ano dei início à Residência Docente no curso de especialização em Educação Básica, oferecido pelo Colégio Pedro II que, assim como no Mestrado Profissional, requeria, como um dos critérios de conclusão, a aplicação de um produto final. Ao aplicar sequências didáticas em turmas de EJA, pude verificar como diferentes metodologias contribuía para a melhoria do processo de aprendizagem dos alunos. Infelizmente, com a não renovação do contrato por parte do Governo do Estado, as novas ideias que haviam despertado voltaram para a “gaveta”.

Em 2017, fui aprovada no processo seletivo para tutores presenciais do Consórcio CEDERJ da Fundação CECIERJ. A atuação em turmas de graduação promoveu diferentes experiências a partir do contato com esse novo público, o que permitiu trazer suas dificuldades para estudo no Mestrado Profissional em que fui aprovada no ano seguinte.

No ano de 2019, recebi a convocação para tomar posse no cargo de professora de Anos Iniciais da Prefeitura do Rio de Janeiro. A nova rotina me trouxe muitos aprendizados, como novos olhares a respeito de temas sociais emergentes com os quais me deparo diariamente, contribuindo para meu crescimento tanto profissional quanto pessoal. Da mesma forma, influenciou na extensão do tema desta pesquisa que, antes voltada somente para cursos de formação inicial docente, passou a integrar temas a respeito da atuação em turmas de Ensino Fundamental, que ao ver colegas de trabalho com dificuldades ao lidar com temas específicos do currículo escolar percebi que havia ainda mais para contribuir. Tornando-o um trabalho ainda mais enriquecedor não só para mim como pesquisadora e professora, mas também para o professor-leitor.

Com a produção deste trabalho, espero que eu possa levar os conhecimentos adquiridos no curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências para minha sala de aula, assim como contribuir para com meus colegas professores, que desde sempre, tanto admirei.

1. INTRODUÇÃO

A motivação para esta pesquisa se deu durante as aulas das disciplinas introdutórias de Física para cursos de Licenciatura em Física, Ciências Biológicas e Matemática no Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro (CEDERJ), em que pudemos identificar uma grande dificuldade de relacionar o conteúdo de Física com situações cotidianas ou contextualizadas com outras áreas de conhecimento por parte dos estudantes universitários. Esta situação levou os alunos a questionarem o porquê de estarem vendo essa disciplina em seu curso de formação, em especial nos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Neste contexto, é possível compreender o fato de que muitos licenciandos terminam suas graduações sem ao menos saber o que viram e porque viram determinados experimentos. É preciso enfatizar que as atividades experimentais não servem apenas para demonstração, elas podem e devem ser utilizadas como problemas reais, pois permitem desenvolver habilidades práticas e interações dos alunos (FALSARELLA, 2013).

No segundo segmento do Ensino Fundamental, o professor de Ciências da Natureza é habitualmente um profissional licenciado em Ciências Biológicas. No entanto, a falta de domínio, por muitos professores de todos os conteúdos e recursos que estão sob sua responsabilidade, leva-os a transmitir aos seus alunos uma imagem simplista da Ciência. Assim como abordam Carvalho e Gil-Pérez (2011, p.14),

[...] quando se solicita a um professor em formação ou em exercício que expresse sua opinião sobre “o que nós, professores de Ciências, deveríamos conhecer” – em um sentido mais amplo de ‘saber’ e ‘saber fazer’ — para podermos desempenhar nossa tarefa e abordar de forma satisfatória os problemas que esta nos propõe”, as respostas são, em geral, bastante pobres e não incluem muitos dos conhecimentos que a pesquisa destaca hoje como fundamentais (CARVALHO E GIL-PÉREZ, 2011, p.14).

A existência dessas dificuldades presentes na construção dos conhecimentos e nas práticas pedagógicas desses professores está relacionada, muitas vezes, ao seu processo de formação inicial, durante o qual apresenta deficiências tanto na formação específica quanto na pedagógica. De acordo com Seixas (2017, p. 290), “sem a formação adequada, o professor não possui muitos subsídios para inovar o ensino ou incluir elementos que contextualizem os conteúdos que desenvolve em sua prática”. O que vem se tornando cada vez mais recorrente.

É muito comum encontrarmos recém-licenciados que, ao terminarem a graduação, não conseguem contextualizar a teoria aprendida em sua formação com sua prática em sala de aula. Quando pesquisamos a respeito das disciplinas científicas, encontramos que a maioria dos professores em exercício na Educação Básica não possui habilitação em licenciatura (EICHLER e DEL PINO, 2010, p. 640) ou pertence a áreas distintas das que leciona em sala de aula.

Essa precariedade se reflete em alguns indicadores vinculados à formação do professor. A **Tabela 1.1** mostra, por exemplo, a proporção de docentes sem formação superior compatível com quaisquer das disciplinas que lecionam nos anos finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio. Olhando para o Brasil, verifica-se que, de cada 100 professores que lecionam nessas duas etapas da Educação Básica, 38 e 29, respectivamente, não possuem a formação superior compatível com as disciplinas que têm sob a sua responsabilidade de regência (BRASIL, 2019).

Tabela 1.1: Proporção de docentes sem formação superior compatível com quaisquer das disciplinas que lecionam anos finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio - Brasil e regiões (2018).

| Brasil e regiões | Ensino Fundamental – anos finais (%) | Ensino Médio (%) |
|-------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|
| Brasil | 37,8 | 29,2 |
| Norte | 50,2 | 29,5 |
| Nordeste | 52,9 | 36,5 |
| Sudeste | 27,1 | 26,1 |
| Sul | 23,3 | 20,8 |
| Centro-Oeste | 41,9 | 40,1 |

Fonte: Informações extraídas da terceira versão do parecer de revisão e atualização da Resolução CNE/CP nº 02/2015, publicada em 18/09/2019 (BRASIL, 2019, p. 7).

Por este motivo, compreende-se a dificuldade em se relacionar conceitos científicos com outras áreas. O aumento da quantidade de conteúdos que devem ministrar durante um período escolar acaba culminando na falta de vínculo com a realidade que os licenciandos vivenciam hoje.

A justificativa para a pesquisa se encontra na reflexão sobre a importância de se contextualizar e se adequar os conteúdos de Física para outras áreas de conhecimento, no caso desta pesquisa, as Ciências Biológicas, permitindo que haja uma contribuição social no desenvolvimento do senso crítico sobre situações do dia a dia e para aperfeiçoamento profissional.

Geralmente, nos cursos universitários, “os docentes costumam ensinar como foram ensinados, garantindo, pela sua prática, uma transmissão mais ou menos eficiente de saberes e uma socialização idêntica àquela de que eles próprios foram objeto” (CUNHA, 2004, p. 528 - 529), sem fazerem, contudo, uma reflexão da visão de ciência que está embutida.

Quando levamos essa discussão à prática laboratorial, é possível perceber a dificuldade em relacionar a experimentação realizada com situações do dia a dia e com os conhecimentos de outras áreas. Isso porque muitas dessas práticas se limitam a roteiros prontos, nos quais os passos das atividades já estão programados e têm como objetivo apenas “ilustrar conceitos e fenômenos estudados anteriormente na sala de aula numa postura verificacionista dos conteúdos abordados” (AZEVEDO *et al.*, 2000, p. 3).

Ao considerarmos essa perspectiva procuramos responder à seguinte inquietação comumente encontrada durante as práticas de ensino: Como promover o entendimento de que os conhecimentos da disciplina Física são importantes para a compreensão de alguns conceitos das Ciências Naturais, na formação inicial de futuros professores de Ciências?

Uma das formas para que os professores da área das Ciências Naturais alcancem a contextualização em suas aulas é trabalhando numa abordagem de atividade investigativa. No âmbito da experimentação, a atividade investigativa, segundo Azevedo *et al.* (2000), é categorizada como experimentos problematizadores. Nestes, segundo os autores,

[...] enquadram-se as atividades experimentais que se baseiam numa proposta de ensino investigadora. Neste caso, o experimento tem um papel importante como ponte de ligação entre os conteúdos que se quer ensinar e os conhecimentos e experiências que os alunos possuem, materializados através de suas interpretações (AZEVEDO, 2009, p. 4).

Para que haja mudanças, é preciso repensar o papel e a importância da adequação das práticas de laboratório à área de conhecimento do estudante licenciando, para que este possa ser capaz de articulá-las e contextualizá-las com outras áreas de conhecimento durante sua prática docente, questionando “o que sempre se fez”, indo na

contramão de “currículos duros, sagrados e intocáveis” (ARROYO, 2013) que insistem em atrofiar a capacidade criativa, o espírito de liderança, autonomia e autoria do sujeito docente.

Tais atitudes reforçam a necessidade dos professores na procura de estratégias didáticas, com as quais os alunos possam resolver problemas e assimilar conhecimentos de forma significativa, buscando, da melhor forma possível, adequar os conteúdos para diversas áreas de conhecimento.

A pesquisa traz como objetivo desenvolver uma proposta interdisciplinar, capaz de relacionar conteúdos de Física com outras áreas do conhecimento, no caso desta pesquisa às Ciências Biológicas. Buscando desta forma, tentar responder à inquietação dos alunos que não identificam a presença dos conteúdos de Física em sua área, inquietação comumente encontrada durante as práticas de ensino de Física do curso de Licenciatura em Biologia. Para isso pretende-se:

1. Investigar a compreensão dos estudantes de licenciatura em Ciências Biológicas quanto aos conteúdos de Óptica;
2. Mapear as dificuldades apresentadas pelos licenciandos quanto aos conteúdos de Óptica;
3. Desenvolver um produto educativo interdisciplinar, com vistas a promover a aproximação entre os conhecimentos Físicos e as áreas específicas da licenciatura em Ciências Biológicas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, apresentaremos alguns referenciais que possuem pontos em comum com as ideias defendidas neste trabalho. Esperamos que as constantes revisitas aos autores pesquisados durante a dissertação, possam contribuir para a problemática levantada.

A fundamentação traz autores como Tardif, Sacristàn, Vygostky, Ausubel, Zabala e Fazenda, para abordar os temas pertinentes aos aspectos fundamentais do trabalho.

2.1 A FORMAÇÃO DOCENTE E A CONSTRUÇÃO DO SABER

Segundo Tardif (2018), a forma de aprender e ensinar evolui e muda com o tempo. O ato de ensinar vem sendo atribuído a diferentes sujeitos, não apenas ao professor, o que tem gerado controvérsias, de acordo com pesquisas recentes. Como relatam Mizukami *et al.* (2010) muitas das concepções que dão suporte à formação de professores seguem o modelo conhecido como “racionalidade técnica”. Que para Weber (1979, p. 278):

Ao adotar no processo formativo docente, uma racionalidade técnica, que valoriza a transmissão de conteúdos prontos, fechados e neutros e que, em consequência, possibilita a avaliação de alunos em grandes números, ranqueamentos de escolas e, até mesmo, exames para a inserção na carreira docente, esse processo termina por valorizar —pseudonecessidades‡, criando —castas privilegiadas‡ na educação. (WEBER, 1979, p. 278).

Para os adeptos deste modelo, relaciona o saber docente como uma forma de aplicação de regras advindas da teoria e da técnica à prática pedagógica, onde o conhecimento profissional se apresenta como sendo um conjunto de fatos, princípios, regras e procedimentos que se aplicam diretamente a problemas instrumentais.

Essa concepção é compatível com a visão do saber escolar como um conhecimento que os professores possuem e que deve ser transmitido aos alunos. O saber escolar, privilegiado em detrimento do conhecimento do aluno, é entendido como verdadeiro, molecular — no qual, peças isoladas podem ser agrupadas de maneira a compor um conhecimento mais avançado — e categorial (MIZUKAMI *et al.*, 2010, p. 13).

Para Tardif (2018, p. 60), a noção de “saber” representa um sentido mais amplo “que engloba os conhecimentos, as competências, as habilidades (ou aptidões) e as atitudes dos docentes, ou seja, aquilo que foi muitas vezes chamado de saber-fazer e de saber-ser”.

Apesar da dúvida que esse termo “saber” carrega é possível observar sua fragmentação em diversos momentos. Como destacam Mizukami *et al.* (2010), o saber docente pode ser encontrado na sua experiência ainda como discente, quando a socialização de conhecimentos comuns se propaga em forma de concepções e crenças; na socialização do conhecimento profissional mediante a formação inicial específica em que se atribui valores às regras de conduta e técnicas instrumentais de ensino; no conhecimento profissional adquirido no campo da prática educacional, momento em que assumem-se esquemas, pautas e rotinas da profissão que, pelos autores, pode ser chamado de período de iniciação à docência, na própria formação permanente, tendo como suas funções questionar, legitimar ou mesmo corrigir os conhecimentos profissionais até então postos em prática.

O saber docente, adquirido nos cursos de formação inicial de professores de nível superior, procura na sua qualidade possibilitar os futuros professores a começarem a ensinar. É preciso lembrar que não existe nenhum meio de conhecimento nem manual didático que ensinem a lidar com cada tipo de situação ou conflito que o ambiente de ensino gere. No entanto, destacamos, assim como abordam Mizukami *et al.* (2010, p. 47), que “aprender a ensinar e se tornar professor são processos e não eventos, processos estes – pautados em diversas experiências e modos que prosseguem ao longo deste que permeiam a prática profissional vivenciada”.

Para Feldmann (2009, p. 72),

As pessoas não nascem educadores, se tornam educadores, quando se educam com o outro, quando produzem a sua existência relacionada com a existência do outro, em um processo permanente de apropriação, mediação e transformação do conhecimento mediante um projeto existencial e coletivo de construção humana (FELDMANN, 2009, p. 72).

Aprender a ensinar é um processo complexo que envolve diversos fatores, entre eles, afetivos, cognitivos, éticos, de desempenho etc. Segundo Tardif (2018, p. 20), “dizer que o saber dos professores é temporal significa dizer, inicialmente, que ensinar supõe aprender a ensinar, ou seja, aprender a dominar progressivamente os saberes necessários para a realização do trabalho docente”, incluindo-se também as experiências familiares e escolares que antecederam a formação inicial, por meio das quais se torna possível a aquisição do saber-ensinar.

Aprender a ensinar requer tempo e recursos. Por isso, é entendido como um processo desenvolvimental (FELDMANN, 2009), no qual os conhecimentos, as crenças e as metas dos professores são elementos fundamentais na determinação do que eles fazem em sala de aula e por que o fazem. É preciso que esses docentes passem a entender as necessidades dos alunos como uma parte fundamental das propostas educacionais atuais, cuja estrutura e conteúdo de processos de desenvolvimento profissional devem ser determinados pelos professores.

Logo, se o ensino reflexivo for a principal proposta dos cursos de formação de professores, então, ela deve “ser explicitamente estruturada e avaliada e o corpo docente deve discutir o conteúdo, os processos e as atitudes da reflexão que consideram importantes” (FELDMANN, 2009, 56). Para que, tendo a consciência de que os conflitos provenientes de um ambiente escolar são únicos e intransferíveis, nos permita observar a existência de uma teoria que se preocupa em aprender a ensinar.

A reflexão oferece a esses professores oportunidade de se tornarem conscientes de suas crenças e das hipóteses subjacentes a suas práticas, possibilitando, assim, o exame de validade de práticas na obtenção das metas estabelecidas. Quando os professores descrevem, analisam e fazem inferências sobre eventos de sala de aula, eles estabelecem seus próprios princípios pedagógicos. A reflexão oferece-lhes a oportunidade de objetivar suas teorias práticas/implícitas (MIZUKAMI *et al.*, 2010, p. 49).

Segundo a autora, tornar-se um professor reflexivo implica em uma visão pessoal a respeito do ensino. Em que o “ensinar” que ele mesmo carrega é aplicado a partir de suas concepções.

A abordagem crítica enfatiza os tipos de decisões tomadas pelos professores ao examinarem experiências, valores e metas, considerando suas implicações sociopolíticas. A preocupação básica é compreender melhor o papel que as escolas atualmente desempenham em uma sociedade dividida por raça, etnia, classe social e gênero (MIZUKAMI *et al.*, 2010, p. 49).

Os conhecimentos adquiridos durante os processos de formação devem possibilitar aos futuros professores desenvolver a análise crítica, para que, no momento da atuação docente, possam colocar para si próprios questões que não se limitem apenas ao processo ou ao conteúdo aplicados, mas também ao efeito de longo prazo que terão em relação aos valores de seus alunos e da sociedade na qual eles se encontrarem.

Segundo Feldmann (2009, p. 78), “o ofício docente tem sido compreendido, muitas vezes, apenas por sua dimensão técnica, esquecendo-se que o professor não pode ser entendido à margem de sua condição humana”. Não se pode desconsiderar a importância de sua própria identidade pessoal e profissional no processo educativo. Os saberes dos professores não podem ser tratados como categorias autônomas, sem vínculos ou não dependentes, separados de outras realidades sociais, organizacionais e humanas em que os professores se encontram mergulhados (TARDIF, 2018).

Para Tardif (2018), o professor deve ser visto como um ser, provido de saberes próprios advindos da experiência, capaz de contribuir significativamente para as discussões sobre o seu trabalho docente na construção do conhecimento sistematizado e na produção da escola. No entanto, o que vem se promovendo intensamente e de forma contínua nos campos relacionados ao ensino e à educação são as elevadas expectativas que os novos professores (e os antigos também) precisam atingir. Listas de metas e objetivos, segundo os moldes pré-estabelecidos de uma sociedade que acredita que a autoria docente somente se dá mediante o reconhecimento social, validado por determinados grupos de especialistas. Assim, como relata Tardif (2018),

Poder-se-ia dizer, de maneira banal, que ensinar é fazer carreira no magistério, ou seja, entrar numa categoria profissional, nela assumir um papel e desempenhar uma função, e **procurar atingir objetivos particulares definidos por essa categoria. O ensino é, portanto, uma questão de estatuto** (TARDIF, 2018, p. 106, grifo nosso).

O ato de ensinar e de se formar, embora tenha características de individualidade, é sempre um trabalho coletivo (FELDMANN, 2009). Ao contrário do que apontamos a respeito da prática da categoria estudada, a problematização aqui levantada busca demonstrar, com auxílio dos autores citados, que a formação de educadores como prática social possui o compromisso de uma formação emancipadora, uma preparação que se comprometa com a constituição da identidade e do pleno exercício docente, em que o saber do professor possa ser construído a partir das suas vivências no seu meio social e profissional.

A educação escolar é uma política pública endereçada à constituição da cidadania. Quando forma médicos, contribui para o sistema de saúde da mesma forma que a preparação de cineastas é a contribuição da educação para o desenvolvimento da arte cinematográfica. Quando se trata de professores, a educação está cuidando do desenvolvimento dela mesma, para que possa continuar contribuindo para a medicina, a engenharia, as artes e todas as atividades que exigem preparação escolar formal, além de sua finalidade de constituição de cidadania (MELLO, 2000, p. 101-102).

A citação acima nos remete ao que descrevemos sobre validação de saberes. Parece-nos que em qualquer área de atuação, o indivíduo possui a sua parcela de contribuição para com o desenvolvimento da sociedade e que a ele é dado o devido valor e reconhecimento por suas atribuições. No entanto, quando se trata do papel do professor, suas funções e contribuições sociais, por mais que a ele devam toda e qualquer formação profissional, elas ficam à margem de validações de saberes exteriores. Saberes que não competem ao indivíduo professor. E sim, àqueles que por suas especialidades e domínios categóricos julgam serem mais ou menos pertinentes. É preciso destacar que a formação docente está em um jogo de dupla relação entre teoria e prática como aponta Mello (2000, p. 109), que aborda sendo o “estudo das relações entre domínio de um campo de saber e o ensino desse conhecimento a crianças e jovens que precisam construir sua cidadania e identidade”.

A prática docente não tem a exatidão do experimento científico. Sua existência é caracterizada pela atuação profissional, que com o passar do tempo vai se tornando, segundo os autores (MELLO, 2000; TARDIF, 2018), o *Ethos* de sua formação, que juntamente com sua construção de identidade por meio de ideias e interesses se torna capaz de improvisar, intuir, atribuir valores e julgamentos que fundamentem a ação

mais pertinente e eficaz possível. O profissional reflexivo que sabe como suas competências são constituídas é capaz de entender a própria ação e explicar por que tomou determinada decisão, mobilizando para isso os conhecimentos de sua especialidade (MELLO, 2000).

O saber é sempre o saber de alguém que trabalha alguma coisa no intuito de realizar um objetivo qualquer. Além disso, o saber não é uma coisa que flutua no espaço: o saber dos professores é o saber *deles* e está relacionado com a pessoa e a identidade deles, com a sua experiência de vida e com a sua história profissional, com as suas relações com os alunos em sala de aula e com os outros atores escolares na escola, etc. (TARDIF, 2018, p. 11).

Como destacou Tardif (2018), o saber dos professores é profundamente social e é ao mesmo tempo individual e se incorpora à sua prática profissional. Portanto, é um saber sempre ligado a uma situação de trabalho com os outros (alunos, colegas, pais), ancorado numa tarefa complexa (ensinar), situado num espaço de trabalho (a sala de aula, a escola), enraizado numa instituição e numa sociedade. É uma relação social materializada através de uma formação, de programas, de práticas escolares e de uma pedagogia institucionalizada. Quando não se reconhece o saber como sendo o *saber dele*, do professor, não se está, ao mesmo tempo, reconhecendo o gigantesco componente que influencia no processo social de escolarização que afeta milhões de indivíduos e envolve milhares de outros trabalhadores que realizam uma tarefa mais ou menos semelhante à sua (TARDIF, 2018). É com este propósito que devemos repensar o magistério como uma forma de instruir os membros da sociedade, com base nesses saberes.

Parece banal, mas um professor é, antes de tudo, alguém que sabe alguma coisa e cuja função consiste em transmitir esse saber a outros. No entanto [...], essa banalidade se transforma em interrogação e em problema a partir do momento em que é preciso especificar a natureza das relações que os professores do ensino fundamental e do ensino médio estabelecem com os saberes, assim como a natureza dos saberes desses mesmos professores (TARDIF, 2018, p. 31).

Esse saber é social, por ser adquirido no contexto de uma socialização profissional, quando é incorporado, modificado, adaptado em função dos momentos e das fases de uma carreira. Ao longo de sua história profissional, o professor aprende a ensinar, fazendo o seu trabalho. Deste modo, é possível entender que os saberes dos professores não são um conjunto de conteúdos cognitivos definidos e imutáveis. Eles são resultado de um processo longo de maturação e desenvolvimento que ainda é passível de mudanças e, por trabalhar com sujeitos, que tem como objetivo transformá-los, educá-los e instruí-los, seus conhecimentos docentes não podem existir sem que

haja um reconhecimento social. Com isso, surgem por meio de suas ideias e práticas pedagógicas, os saberes a serem ensinados e sua maneira de ensinar (saber-ensinar).

Precisamos ressaltar que o professor não é um cientista, pois seu objetivo não é a produção de novos conhecimentos (TARDIF, 2018). “Os juízos do professor estão voltados para o agir no contexto e na relação com o outro, no caso os alunos. Ele não quer conhecer, mas agir e fazer, e, se procura conhecer, é para melhor agir e fazer” (ibid., p. 209).

Portanto, como apresentado nesta pesquisa o “saber ensinar” remete a uma pluralidade de saberes. Esta pluralidade forma, de certo modo, um “reservatório” onde o professor vai buscar suas certezas, modelos simplificados de realidade, razões, argumentos, motivos, para validar seus próprios julgamentos em função de sua ação.

2.2 OS DESAFIOS DA FORMAÇÃO DOCENTE

Embora haja diferenças entre as abordagens específicas dentro do paradigma da prática reflexiva, é comum a ideia de que a formação básica deva incluir o *practicum* reflexivo, que diz respeito a um espaço de formação em que o futuro professor tem oportunidade de refletir constantemente sobre os problemas e a dinâmica gerada por sua atuação cotidiana (MIZUKAMI *et al.*, 2010). Durante os cursos de formação, é importante que os discentes, a partir de debates a respeito dos problemas e dos conflitos dentro da sua área de atuação, possam desenvolver consciência política e que, além dos conhecimentos específicos, sejam trabalhadas atitudes, as quais são consideradas tão importantes quanto os estudos de conteúdos e técnica de transmissão deles, pois, torna-se compreensível que esses conhecimentos possam ser apropriados por eles e se constituam em poderoso guia para a prática futura.

Na universidade, temos com muita frequência a ilusão de que não temos práticas de ensino, que nós mesmos somos profissionais do ensino ou que nossas práticas de ensino não constituem objetos legítimos para a pesquisa. Este erro faz com que evitemos os questionamentos sobre os fundamentos de nossas práticas pedagógicas, em particular nossos postulados implícitos sobre a natureza dos saberes relativos ao ensino. Não problematizada, nossa própria relação com os saberes adquire, com o passar do tempo, a opacidade de um véu que turva nossa visão e restringe nossas capacidades de reação. Enfim, essa ilusão faz com que exista um abismo enorme entre nossas “teorias professadas” e nossas “teorias praticadas” (TARDIF, 2018, p. 276).

Essas teorias elaboradas, por nós mesmos, tanto como professores como alunos em formação, acabam sendo boas apenas para os outros, não atribuindo nenhum valor,

do ponto de vista de ação profissional. As teorias, em sua maioria, se constituem apenas por meio de inspirações (ou anti-inspirações) que, de alguma forma, inconscientemente, se configuram experiências acumuladas ao longo da vida do professor. Assim sendo, independentemente de onde se adquirem tais conhecimentos, sua aplicação está determinada a percorrer por toda sua vida profissional (TARDIF, 2018).

Esses conjuntos de saberes adquiridos, que não provêm de nenhuma instituição de formação ou currículo, podemos chamá-los de “saberes experienciais”, que, para Tardif (2018),

[...] são saberes práticos (e não da prática: eles não se superpõem à prática para melhor conhecê-la, mas se integram a ela e dela as partes constituintes enquanto prática docente) e formam um conjunto de representações a partir das quais os professores interpretam, compreendem e orientam sua profissão e sua prática cotidiana em todas as suas dimensões. Eles constituem, por assim dizer, a cultura docente em ação (TARDIF, 2018, p. 48 – 49).

O conhecimento das condições de trabalho e carreira, assim como dos conflitos, dos dilemas éticos e dos impasses próprios da profissão docente, gerados em seu meio de atuação, permite que, quando os professores estiverem em seus períodos de iniciação, não sofram com o temido “choque de realidade” (TARDIF, 2018) que, devido à distância entre os saberes experienciais e os saberes adquiridos na formação docente, acabam descobrindo os limites de seus saberes pedagógicos. A descoberta pelos professores dos alunos “reais”, que os alunos não correspondem à imagem esperada ou desejada, estudiosos, dependentes, sensíveis às recompensas e punições, desejosos de aprender, pode provocar uma rejeição de sua formação anterior. Em outros casos, mais amenos, pode apenas suscitar alguns julgamentos relativos ou uma reavaliação quanto à sua atuação docente.

No cotidiano da sala de aula o professor defronta-se com múltiplas situações divergentes, com as quais não aprende a lidar durante seu curso de formação. Essas situações estão além dos referenciais teóricos e técnicos e por isso o professor não consegue apoio direto nos conhecimentos adquiridos no curso de formação para lidar com elas. Isso gera uma forma de reflexão na qual o professor, com seus valores globais (éticos, políticos, religiosos etc.), constrói novas formas de agir, na realidade da sala de aula, as quais ultrapassam o modelo da racionalidade técnica que falha ao desconsiderar a complexidade dos fenômenos educativos (MIZUKAMI *et al.*, 2010, p. 14).

Os limites do modelo da racionalidade estão em não se levar em conta os aspectos do contexto mais amplo em que as práticas educativas estão inseridas. O conceito de reflexão que apresentamos nesta pesquisa costuma envolver três outros, como aponta Mizukami *et al.* (2010): o conhecimento-na-ação, a reflexão-na-ação e a reflexão-sobre-a-ação e sobre a reflexão-na-ação. No entanto, é sobre o conhecimento-

na-ação que escolhemos nos debruçar neste trabalho. Este conhecimento trata do conhecimento técnico, em que se manifesta o “saber-fazer”, que compila seus saberes experienciais e os consolida em rotinas.

Como todos os profissionais, o professor precisa fazer ajustes permanentes em suas ações. Mas o professor, como o médico, o cirurgião, o performer de palco, muitas vezes lida com situações que não se repetem nem podem ser cristalizadas no tempo, aguardando um insight ou discernimento de nova alternativa de ação. Boa parte dos ajustes tem de ser feita em tempo real ou em intervalos relativamente curtos, minutos e horas, na maioria dos casos, dias ou semanas, na hipótese mais otimista, sob risco de passar a oportunidade de intervenção no processo de ensino e aprendizagem (MELLO, 2000, p. 104).

Os próprios professores, no exercício de suas funções e na prática de sua profissão, desenvolvem saberes específicos, baseados em seu trabalho cotidiano e no conhecimento de seu meio. “Esses saberes brotam da experiência individual e coletiva sob a forma de *habitus* e de habilidades, de saber-fazer e de saber-ser” (TARDIF, 2018, p. 38-39) e é justamente nesse saber-fazer que se constituem as rotinas, que se permitem as adaptações e readaptações de ações (ou soluções) e os improvisos de sua prática. Como explica o autor:

Os *habitus* podem transformar-se num estilo de ensino, em “macetes” da profissão e até mesmo em traços da “personalidade profissional”: eles se manifestam, então, através de um saber-ser e de um saber-fazer pessoais e profissionais validados pelo trabalho cotidiano (TARDIF, 2018, p. 49).

Na medida em que assegura a prática da profissão, o conhecimento destes objetos-condições insere-se necessariamente num processo de aprendizagem rápida, normalmente, manifestada logo no início da carreira de professor, momento conhecido como iniciação docente. Caracterizado pelos seus cinco primeiros anos, é justamente nesse período que os professores acumulam suas experiências fundamentais. Nessa tarefa de aprender fazendo, é que se preocupam em provar a si próprios e aos outros que são capazes de ensinar. Essa competência se transforma em um saber-fazer sólido, teórico e prático, criativo a ponto de permitir ao profissional decidir em contextos instáveis, indeterminados e complexos, suas melhores formas de intervenção (MELLO, 2000).

Antes mesmo de ensinarem, os futuros professores vivem nas salas de aula e nas escolas — e, portanto, em seu futuro local de trabalho — durante aproximadamente 16 anos (ou seja, em torno de 15.000 horas). Ora, tal imersão é necessariamente formadora, pois leva os futuros professores a adquirirem crenças, representações e certezas sobre a prática do ofício de professor, bem como sobre o que é ser aluno. Em suma, Antes mesmo de começarem a ensinar oficialmente, os professores já sabem de muitas maneiras, o que é o ensino por causa de toda a sua história escolar anterior. Além disso, muitas pesquisas mostram que esse saber herdado da experiência

anterior (o ser aluno) é muito forte, que ele persiste através do tempo e que a formação universitária não consegue transformá-lo nem muito menos abalo (TARDIF, 2018, p. 20).

A concepção de se formar professores com qualidade social e compromisso político de transformação tem se mostrado um grande desafio às pessoas que compreendem a educação como um bem universal, como espaço público, como um direito humano e social na construção da identidade e no exercício de cidadania (FELDMANN, 2009). No entanto, quando tratados pela esfera pública, percebemos o descaso desde a sua preparação inicial.

Uma formação de qualidade permite que o docente se torne capaz de problematizar situações de sua prática, mobilizar seu repertório ou seu ambiente de ação e analisar e explicar como e por que da tomada de determinadas situações, tanto em situações de rotina, quanto em imprevistos. Essa forma de pensar e agir é o que constituiria nos cursos de formação docente uma investigação didática. No entanto, devido à alta e rápida expansão de cursos universitários, principalmente, por meio do sistema de educação a distância, é fácil nos depararmos com aqueles que prometem a cobiçada “certificação fácil”, que acaba por comprometer todo um sistema de formação de qualidade e incentiva o exercício da mercantilização da mão de obra barata de professores mal preparados e a desvalorização daqueles que o são.

O professor que inicia sua carreira aprende a ensinar fazendo seu trabalho. Ele aprende progressivamente a dominar seu ambiente profissional. Um profissional capacitado e bem preparado é capaz de, logo nos primeiros períodos de docência, mobilizar uma ampla variedade de saberes, reutilizando-os no trabalho para adaptá-los e transformá-los pelo e para o trabalho (TARDIF, 2018). Sua experiência se resume na reflexividade, retomada, reprodução, reiteração daquilo que se sabe, naquilo que se sabe fazer, a fim de produzir sua própria prática profissional (*ibid.*).

Portanto, pode-se chamar de saberes profissionais o conjunto de saberes transmitidos pelas instituições de formação de professores. A prática docente não é apenas um objeto de saber das ciências da educação, ela é também uma atividade que mobiliza diversos saberes que podem ser chamados de pedagógicos, que se apresentam como doutrinas ou concepções provenientes de reflexões sobre a prática educativa no sentido amplo do termo, reflexões racionais e normativas que conduzem a sistemas mais ou menos coerentes de representação e de orientação da atividade educativa.

Os alunos passam através da formação inicial para o magistério sem modificar substancialmente suas crenças anteriores a respeito do ensino. E tão logo começam a trabalhar como professores, sobretudo no contexto de urgência e de adaptação intensa que vivem quando começam a ensinar, são essas mesmas crenças e maneiras de fazer que reativam para solucionar seus problemas profissionais, tendências que são muitas vezes reforçadas pelos professores de profissão (TARDIF, 2018, p. 69).

Segundo o autor, é uma profissão docente dividida que luta muitas vezes contra si mesma. “Seremos reconhecidos socialmente como sujeitos do conhecimento e verdadeiros atores sociais quando começarmos a reconhecer-nos uns aos outros como pessoas competentes, pares iguais que podem aprender uns com os outros” (TARDIF, 2018, p. 244).

2.3 CURRÍCULO COMO UMA PRÁTICA CULTURAL

Para Tardif (2018), os professores só serão reconhecidos como sujeitos do conhecimento quando deixar de serem simples técnicos e executores de conteúdos para serem verdadeiros atores de seus saberes.

Pessoalmente, não vejo como posso ser um sujeito do conhecimento se não sou, ao mesmo tempo, o ator da minha própria ação e o autor do meu próprio discurso. A desvalorização dos saberes dos professores pelas autoridades educacionais, escolares e universitárias não é um problema epistemológico ou cognitivo, mas político (TARDIF, 2018, p. 243).

Por mais que esses saberes ocupem estrategicamente uma posição social, o corpo docente é comumente comparado a “estoques” de informações tecnicamente disponíveis, renovados e produzidos pela comunidade científica (TARDIF, 2018), o que acaba modelando, de alguma forma, as condições de sua prática.

Toda prática pedagógica gravita em torno de um currículo que, nas palavras de Sacristán, (2000, p. 15-16):

[...] trata-se de uma práxis que tampouco se esgota na parte explícita do projeto de socialização cultural nas escolas. Que se expressa em sua função socializadora e cultural, reagrupando em torno dele uma série de subsistemas. O currículo é o cruzamento de práticas diferentes e se converte em configurador, por sua vez, de tudo o que podemos denominar como prática pedagógica nas aulas e nas escolas. (SACRISTÁN, p.15-16).

A componente curricular se encontra presente muitas vezes quando repensamos sobre nossas identidades profissionais, quando ressaltamos os movimentos de resistências e disputas pedagógicas. No entanto, para Arroyo (2013, p. 43), não é tanto o currículo que está em disputa, “mas a docência, o trabalho, a liberdade criativa dos

trabalhadores na educação. Estão em disputa o conhecimento, a cultura e sua rica diversidade”.

Os currículos são a expressão do equilíbrio de interesses e forças que gravitam sobre o sistema educativo num dado momento, enquanto que através deles se realizam os fins da educação no ensino escolarizado. Por isso, querer reduzir os problemas relevantes do ensino à problemática técnica de instrumentar o currículo supõe uma redução que desconsidera os conflitos de interesses que estão presentes no mesmo (SACRISTÁN, 2000, p. 17).

As manifestações e reivindicações pelos espaços e autorias docentes não surtirão efeito se tampouco for feita uma mudança nos processos educativos. Isso significa ter que considerar o professor e o aluno como os reais protagonistas no processo de ensino e aprendizagem. Caso contrário, as exigências da educação escolarizada continuarão atingindo outros aspectos escolares, contudo, sem reavaliarem a melhoria da qualidade da formação dos professores.

O cenário acadêmico se torna cada vez mais preocupante, já que as exigências em corresponder às mudanças necessárias só aumentam. Ainda assim, pouco se faz para que esses profissionais se adequem com mais facilidade e rapidez.

O currículo faz parte, na realidade, de múltiplos tipos de práticas que não podem reduzir-se unicamente à prática pedagógica de ensino; ações que são de ordem política, e que, enquanto são subsistemas e parte autônomos e em parte interdependentes, geram forças diversas que incidem na ação pedagógica. Todos esses usos geram mecanismos de decisão, tradições, crenças, conceitualizações, etc. que, de uma forma mais ou menos coerente, vão penetrando nos usos pedagógicos e podem ser apreciados com maior clareza em momentos de mudança (SACRISTÁN, 2000, p. 22).

Devido ao escasso poder do professorado sobre as decisões das regulamentações do sistema educativo, as mudanças sobre o currículo acabam sendo de competência da burocracia administrativa, que continua sendo fortemente centralizadora (SACRISTÁN, 2000).

Os componentes curriculares para uma educação básica, que são mais amplos quanto a aspectos culturais, exigem uma transformação nessa concepção, nos processos metodológicos e mudanças importantes especialmente no professorado, que é seu principal mediador, que somente passarão a ser reconhecidos a partir do momento em que manifestarem suas próprias ideias a respeito dos saberes curriculares e disciplinares e, sobretudo, a respeito de sua própria formação profissional. Enquanto isso não ocorre, o financiamento de outros meios didáticos alternativos fica a cargo da gestão pública, impedindo que qualquer inovação se introduza (SACRISTÁN, 2000).

Insistir para que o professor deixe seu *status* de *expert* em uma disciplina para se transfigurar em um mediador de aprendizagens implica uma transformação positiva das formas de pensar, de agir e de ser.

Os educadores e os pesquisadores, o corpo docente e a comunidade científica tornam-se dois grupos cada vez mais distintos, destinados a tarefas especializadas de transmissão e de produção dos saberes sem nenhuma relação entre si. Ora, é exatamente tal fenômeno que parece caracterizar a evolução atual das instituições universitárias, que caminham em direção a uma crescente separação das missões de pesquisa e de ensino. Nos outros níveis do sistema escolar, essa separação já foi concretizada há muito tempo, uma vez que o saber dos professores que aí atuam parece residir unicamente na competência técnica e pedagógica para transmitir saberes elaborados por outros grupos. (TARDIF, 2018, p. 35)

Grupos que, em sua maioria, não possuem nenhuma relação com a realidade escolar básica. Não há sentido de renovações de conteúdo sem que haja mudanças de procedimentos e tampouco uma fixação em processos educativos sem conteúdo de cultura, visto que o currículo não é apenas um emaranhado de informações, enunciados por meio de orientações metodológicas e disposições oficiais. Trata-se de um método além de conteúdo, que se manifesta como uma ação humana, como um produto resultado de cultura, pelo qual se desenvolve na prática e condiciona a profissionalização dos professores e a própria experiência dos alunos ao se ocuparem de seus conteúdos culturais.

“A prática escolar que podemos observar num momento histórico tem muito a ver com os usos, as tradições, as técnicas e as perspectivas dominantes em torno da realidade do currículo num sistema educativo determinado” (SACRISTÁN, 2000, p. 9), o que torna ainda mais difícil mudar sua estrutura, pois é inútil fazê-lo sem alterar profundamente seus conteúdos, que costumam expressar-se em formas universais por meio de ritos, mecanismos e macetes em quase todos os sistemas educativos.

Na realidade, as práticas escolares procuram possuir um destaque frente às mídias, pois são elas que fornecem os resultados desses rituais sagrados de avaliações nacionais. É uma comprovação do arraigado dessas crenças, nas quais “os sistemas, as escolas e os professores são classificados em bem-sucedidos ou malsucedidos” (ARROYO, 2013, p. 48).

O currículo reflete o intenso conflito de interesses de uma sociedade e os valores dominantes que regem sobre ela.

O currículo está aí com sua rigidez, se impondo sobre nossa criatividade. Os conteúdos, as avaliações, o ordenamento dos conhecimentos em disciplinas, sequências caem sobre os docentes e gestões como um peso. Como algo inevitável, indiscutível. Como algo sagrado. Como está posta a relação entre os docentes e os currículos? Uma relação tensa (ARROYO, 2013, p. 34-35).

“As lutas históricas no campo do conhecimento foram e continuam sendo lutas por dessacralizar verdades, dogmas, rituais, catedráticos e cátedras. A dúvida fez avançar as ciências e converteu o conhecimento em um território de disputas” (ARROYO, 2013, p. 17). Os ordenamentos presentes nos programas curriculares carregam um caráter de necessidade e inevitabilidade que impedem qualquer possibilidade de desconstrução desse conhecimento sacralizado. Em nossa formação, aprendemos a cultivar os conteúdos como sagrados. Logo, abandoná-los não é uma tarefa fácil. Principalmente, quando existe uma exigência sobre os professores em “preparem suas aulas com esmero, seguindo o ordenamento e a sequenciação de cada conhecimento, a ponto de reprovar, reter o aluno que deixar aprendizados para trás” (ARROYO, 2013, p. 46).

O sistema educativo serve a certos interesses concretos e eles se refletem no currículo. Esse sistema se compõe de níveis com finalidades diversas e isso se modela em seus currículos diferenciados. As modalidades de educação num mesmo intervalo de idade acolhem diferentes tipos de alunos com diferentes origens e fim social e isso se reflete nos conteúdos a serem cursados em um tipo ou outro de educação (SACRISTÁN, 2000, p. 17).

A seleção de um tipo de cultura com predomínio sobre outra favorece a construção de um currículo especializado capaz de atender apenas uma parcela da população, apresentando-se como uma cultura dominante. Enquanto, promove aos menos favorecidos o distanciamento do mundo cultural. Consequentemente, levando-os ao fracasso escolar e exclusão social. É visível que pouco se faz para inverter esse cenário, visto que “o desenvolvimento curricular, meios didáticos, livros-texto continuam sendo à imagem e semelhança de uma cultura intelectualista e abstrata dominante” (SACRISTÁN, 2000).

Os currículos dominantes costumam pedir a todos os alunos o que só uns poucos podem cumprir. [...] Tais conteúdos são ensinados através de procedimentos que realizam continuamente apelos implícitos à base cultural do próprio aluno. Não se pode esquecer, além disso, que cada um desses componentes curriculares tem desigual projeção no futuro e nas aspirações dos diversos grupos sociais (SACRISTÁN, 2000, p. 61).

A estratégia de ensino baseada no saber escolar é análoga à concepção de conhecimento que, segundo Mizukami *et al.* (2010, p. 14), transforma a figura do professor em “um técnico especialista que aplica com rigor as regras que derivam do

conhecimento científico.” Se o trabalho docente se amplia não dá para continuar reduzindo os docentes a aulistas todo o tempo.

Não dá para manter o mesmo número de alunos que exigem atenções redobradas de educação, formação, aprendizagem. Não dá para exigir a mesma carga de trabalho, em dois, três turnos, em várias escolas e redes de ensino. A ampliação da função profissional ensinar-educar exige uma revisão radical das políticas de trabalho e de formação (ARROYO, 2013, p.30).

O corpo docente não é responsável pela definição nem pela seleção dos saberes que a escola e a universidade transmitem. Ele não controla diretamente, e nem mesmo indiretamente, o processo de definição e de seleção dos saberes sociais que são transformados em saberes escolares (disciplinares e curriculares) (TARDIF, 2018). Dessa forma, torna-se praticamente impossível acompanhar a qualidade de ensino que é distribuída em cada sala de aula por esses professores.

Nesse sentido, os saberes disciplinares e curriculares que os professores transmitem situam-se numa posição de exterioridade em relação à prática docente: eles aparecem como produtos que já se encontram consideravelmente determinados em sua forma e conteúdo, produtos oriundos da tradição cultural e dos grupos produtores de saberes sociais e incorporados à prática docente através das disciplinas, programas escolares, matérias e conteúdos a serem transmitidos.

Os cursos de licenciatura formam o professor que as escolas exigem: passar matéria, a tempo completo, **sem outras atividades** que nos desvirtuem dessa função nos tempos de aula. Uma exigência totalitária dirigida aos professores, que vinha de uma concepção conteudista do currículo (ARROYO, 2013, p. 25, grifo nosso).

Se passar a matéria cobrada nas avaliações simplifica nossa profissão em tempo completo, então, as consequências, segundo Arroyo (2013, p. 26), estão expostas: “entrar em crise de identidade profissional diante de alunos que exigem atenção ao seu direito de educação ameaçado em formas tão precarizadas do seu sobreviver”. Não há identidade educadora que sobreviva intacta perante as necessidades socioeducativas de tantas crianças e jovens. “Ser docente-educador não é ser fiel a rituais preestabelecidos, mas se guiar pela sensibilidade para o real, a vida real, sua e dos educandos” (ARROYO, 2013, p. 51).

Cresce o número de professores que vêm reagindo a essa subordinação imposta pela cultura dominante, pelos currículos superados e fora de validade, que resistem à incorporação de indagações e conhecimentos vivos.

O campo do conhecimento sempre foi tenso. No entanto, é preciso repensar a forma como é feita a mediação entre o professor, o currículo estabelecido e os alunos para que possamos de fato enxergá-los nas condições de seu viver precarizado.

Para que a aprendizagem escolar seja uma experiência intelectualmente estimulante e socialmente relevante, “é indispensável a mediação de professores com boa cultura geral e domínio dos conhecimentos que devem ensinar e dos meios para fazê-lo com eficácia” (MELLO, 2000, p. 98). Mas, para isso é preciso que em seu planejamento estejam inseridas habilidades e competências aceitas dentro do sistema curricular. Afinal, as práticas não se realizam no vazio.

2.4 REFORMAS CURRICULARES EMERGENCIAIS

Pouco adiantará fazer reformas curriculares se estas não forem ligadas à formação dos professores. “Não existe política mais eficaz de aperfeiçoamento do professorado que aquela que conecta a nova formação àquele que motiva sua atividade diária: o currículo” (SACRISTÁN, 2000, p. 10). Não será fácil melhorar a qualidade do ensino se não se mudam os conteúdos, os procedimentos e seus contextos de realização.

Durante os cursos de licenciatura, normalmente, os licenciandos acompanham o dinamismo intelectual de suas áreas e aprendem a prestigiá-las. Contudo, assim como aborda Arroyo (2013, p. 45), professores de Ensino Fundamental ou Médio tiveram de aprender em suas práticas que os conteúdos sistematizados nos currículos e nas suas disciplinas perdem “o caráter dinâmico inerente à sua produção e passam a ser sistematizados, ordenados e sequenciados em uma transposição que exige uma ordem estática, rígida a ser seguida, respeitada com uma fidelidade sagrada e ritualizada”.

Mizukami *et al.* (2010, p. 19) atribuem um importante ponto de vista a respeito do modelo da racionalidade técnica que sobrevoa o verdadeiro conhecimento residido nas teorias e técnicas da ciência básica aplicada: “que as disciplinas devem vir primeiro e as habilidades no uso da teoria e da técnica depois”. Pois, segundo o modelo, o estudante somente adquire o conhecimento quando tiver aprendido a ciência relevante (MIZUKAMI *et al.*, 2010). Nesta visão, como o conhecimento teórico tem validação científica e é considerado hierarquicamente “superior” ao conhecimento prático, justifica-se que o ensino dos conteúdos a serem trabalhados nos cursos de formação de professores sobreponha-se às discussões de problemas que ocorrem na atuação cotidiana do professor.

Não fomos formados-licenciados para o ensino de todo o conhecimento, mas daqueles sistematizados e disciplinados nos currículos. “Nós identificamos profissionais desse conhecimento, dos conteúdos, de nossa disciplina que os currículos e seus ordenamentos e diretrizes sintetizam como o conhecimento legítimo” (ARROYO, 2013, p. 16), que, nas palavras de Arroyo, “é lamentável” (*ibid.*, 2013), pois não se consideram todas as tensões e conflitos que o professor enfrenta cotidianamente em sala de aula.

O currículo do ensino obrigatório não tem a mesma função que o de uma especialidade universitária, ou o de uma modalidade de ensino profissional, e isso se traduz em conteúdos, formas e esquemas de racionalização interna diferentes, porque é diferente a função social de cada nível e peculiar a realidade social e pedagógica que se criou historicamente em torno dos mesmos (SACRISTÁN, 2000, p. 15).

É preciso questionar: que aluno se quer formar? Cidadão, cientista ou profissional? A distância entre o curso de formação do professor polivalente, situado nos cursos de “pedagogia, nas faculdades de educação, e os cursos de licenciatura, nos departamentos ou institutos dedicados à filosofia, às ciências, e às letras, imprimiu àquele profissional uma identidade pedagógica esvaziada de conteúdo” (MELLO, 2000, p. 99). A formação de professores no mundo atual defronta-se com uma instabilidade de conhecimento. Segundo Feldmann (2009, p. 74), “o problema da articulação entre o pensar e o agir, entre a teoria e a prática, configura-se como um dos grandes desafios para a questão da formação de professores”. É preciso se criar uma forma de comunicação das ideias com a prática dos professores por meio do currículo.

No curso da formação inicial, os professores aprendem conteúdos de uma determinada área ou disciplina, conhecimentos sobre os alunos, os processos de desenvolvimento e de aprendizagem, a instituição escolar, os fins educativos etc. Não se costuma prestar atenção, em troca, ao significado educativo dos conteúdos (SACRISTÁN, 2000, p.186).

A formação científica no professorado do primário é insuficiente e, na universidade, não se atende a sua projeção pedagógica. A formação prática na qual esses problemas adquirem relevância é insuficiente e costuma estar desligada da teoria. Por isso, não é estranho que quase três quartas partes do professorado de ensino médio considerem que a formação inicial que receberam não lhes serviu para nada — um juízo que é tanto mais duro quanto mais jovem é o professorado (SACRISTÁN, 2000, p. 186).

Não é estranho que os currículos e a prática de nosso ensino básico tenham um caráter memorialístico de saberes poucos estruturados, visto que traduzem toda a formação inicial à qual se submeteu o sujeito docente: pouco estimulante

intelectualmente e composta de tópicos desconectados entre si (SACRISTÁN, 2000). Portanto, todo professor que procura refletir sobre sua prática deve considerar a seleção de conteúdos um fator extremamente importante para a configuração de sua profissionalização. O debate sobre os conteúdos do currículo é um problema essencialmente social e político, na medida em que os professores são seus primeiros consumidores (*ibid.*).

Para Tardif (2018, p. 235), “a visão que se tem é que os professores são vistos como aplicadores dos conhecimentos produzidos pela pesquisa universitária, pesquisa essa que se desenvolve, a maioria das vezes, fora da prática do ofício de professor”. De fato, os professores sabem sobre o que lecionam. Mas o que exatamente? Que saber é esse, se ele mesmo é incapaz de definir um saber produzido ou controlado por outros? (TARDIF, 2018).

As elaborações exteriores à prática do currículo se devem muitas vezes “à desconfiança pela falta de preparação do professorado e nas condições de trabalho apontadas pelos próprios professores” (SACRISTÁN, 2000, p. 82-83).

O professor, em suma, não seleciona as condições nas quais realiza seu trabalho e, nessa medida, tampouco pode escolher muitas vezes como desenvolvê-lo; embora, para ele, sempre caberá imaginar a situação e definir para si o problema e atuar de diversas formas possíveis dentro de certas margens. (SACRISTÁN, 2000, p. 167).

O domínio da prática do currículo em aulas para alunos com determinadas peculiaridades psicológicas e culturais faz com que o professor consiga desenvolver um modelo educativo acessível no qual conecta conhecimentos diversificados durante sua atuação, levando em consideração “todas as condições do meio, da escola, dos meios didáticos, dos grandes objetivos e princípios educativos” (SACRISTÁN, 2000, p. 148).

Separar o plano de prática do plano curricular de execução implica tirar dos professores as habilidades relacionadas com as operações de organizar os componentes curriculares, deixando-lhes apenas com o papel de executores de uma prática que eles não organizam, o que mais tarde se traduzirá em certas incapacidades para que desenvolvam modelos realizados fora de seu âmbito escolar.

O processo de formação inicial deverá auxiliar na construção da identidade, do caminho pessoal e profissional do futuro professor, permitindo ao licenciando aprimorar suas habilidades de pesquisa para que, quando atuante, possa saber identificar fontes e diferentes métodos de ensino a serem aplicados em diversas situações (FELDMANN, 2000).

2.5 A PROBLEMÁTICA DA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

A EAD atualmente vem alcançando cada vez mais espaço. Apresentando-se como uma modalidade essencial para as classes populares e excluídas da sociedade democratizando o acesso ao ensino superior junto com o objetivo de também superar as desigualdades sociais historicamente impostas.

Para Bezerra e Carvalho (2011, p. 237),

Nesta modalidade de educação, a comunicação é um elemento fundamental e ela é mediada por diversos tipos de mídias: documentos impressos, rádio, vídeo, TV, fax e o computador. Esta modalidade de educação principalmente na atualidade apoia-se fortemente na utilização das TICs e com isso amplia consideravelmente suas possibilidades. O avanço tecnológico permitiu que a EAD desse um salto quantitativo com relação à disponibilização de cursos em diferentes níveis de graduação, atendendo a clientela bastante diversificadas (BEZERRA e CARVALHO, 2011, p. 237).

A valorização das comunidades de aprendizagem tanto presencialmente como nos ambientes virtuais propiciou a reconsideração da função social da escola, conceituando-a como uma comunidade (FELDMANN, 2009). No entanto, como já abordado neste trabalho, alguns cursos na modalidade EAD acabam fazendo uso inadequado de propaganda, garantindo uma “certificação” que nada vale além de um papel, sem se comprometer, no entanto, em desenvolver no aluno uma capacitação de qualidade, além de incentivar a cultura de compra e venda de mão de obra barata de professores e educadores. A racionalidade imperante em boa parte dos programas de formação de educadores em ambientes digitais não tem promovido movimentos de crítica, autocrítica e reflexão. Quando ocorrem, é sempre de forma pragmática e internalista, voltada para as possibilidades de ação imediata do professor, desconsiderando-o como sujeito social, possuidor de autonomia relativa em face das circunstâncias sócio históricas nas quais se insere.

Um dos grandes objetivos dessa indústria cultural está no desenvolvimento e disseminação de indivíduos profissionais submissos e conformados, pois sua preparação não leva em conta o desenvolvimento da autonomia, reflexão e crítica por parte do alunado, mas que se preocupam apenas com a obtenção do título, sem muitas preocupações ou esforços.

Alguns programas de formação de educadores a distância parecem mergulhar em semelhante ilusão, sem atentar que a manipulação da mídia interativa, chamada por muitos de *letramento digital*, não garante, por si só, a democratização do acesso à informação e, tampouco, a almejada construção compartilhada de conhecimentos (FELDMANN, 2009, p. 135).

Para as instituições que ofertam ensino a distância, a qualidade das interações veiculadas nos ambientes digitais de formação docente não têm sido objeto de atenção. Algumas das interações chegam a ser até mesmo superficiais e contribuem, em caráter pontual, com a formação docente. Da mesma forma, como se pode observar o compromisso da indústria cultural com a mercantilização da cultura, também se evidencia o engajamento das políticas dos programas de formação docente em EAD com o conceito de educação para a competitividade e com um programa de formação economicamente convidativo (FELDMANN, 2009, p.152).

Portanto, para contornar essa situação, é preciso que haja uma maior e melhor elaboração de propostas coletivas de ação, no atual momento histórico. Ações dessa natureza contrapõem-se à apropriação perversa da EAD pelo ideário mercadológico, voltado para a diminuição dos custos do ensino e para a redução do papel do Estado como financiador da educação, como recomendam as agências multilaterais.

Para Tardif (2018), a função dos professores não consistiria mais em equipá-los, tendo em vista a enorme disputa que rege o mercado de trabalho. Ao invés de formadores, eles seriam muito mais informadores ou transmissores de informações potencialmente utilizáveis pelos clientes escolares. Por conta disso, a precariedade de emprego pode tornar-se cansativa e desanimadora à prática docente e alimentar certo desencanto que, sem necessariamente afetar o amor pelo ensino, afeta, até certo ponto, o ardor de ser professor. Essa precariedade de emprego pode “provocar um questionamento sobre a permanência de continuar ou não na carreira, e às vezes até em descomprometimento pessoal em relação à profissão” (TARDIF, 2018, p. 97), restando-lhes apenas a classificação de sua função como mediador de aprendizagem. Essa distinção provoca um amplo sentimento de não pertencimento e frustração que aflige toda a comunidade acadêmica.

Contudo, apesar das diferenças entre os professores que possuem estabilidade no emprego e os professores contratados, “os últimos partilham também com os primeiros várias convicções importantes no que diz respeito à natureza da aprendizagem da profissão e a avaliação de sua formação inicial” (TARDIF, 2018, p. 97).

O que observamos por meio desse cenário é que existe uma questão pungente de subserviência em boa parte dos programas da modalidade a distância. No processo de institucionalização da EAD, o Estado assume o papel de fomentador da implantação dessa modalidade de educação por percebê-la como estratégia para a concretização da reforma educacional brasileira, de modo que contribua para a otimização de custos por meio da redução de recursos humanos (FELDMANN, 2009).

Não tão surpreendente esses cursos expansivos revelam-se num movimento neopragmático na formação de educadores. No sistema mercantilista esses cursos trazem como principais objetivos:

[...] a ênfase na noção de competência e na prática educativa, em detrimento dos aspectos acadêmico-científicos; a retomada da formação em cadeia, pela ênfase na figura do multiplicador articulada ao uso extensivo de tutoria, em detrimento da figura do professor; a submissão dos programas de educadores às demandas das agências multilaterais tende a gerar reflexos nefastos, notadamente sobre os que utilizam os recursos digitais da EAD. Como exemplo, a composição de um programa economicamente viável, que prevê a formação em cadeia (com destaque para a figura do tutor/multiplicador) e muitos formandos por formador. Ou, ainda, propostas pedagógicas construídas a partir de princípios como cognitivismo, neopragmatismo e instrumentalidade (FELDMANN, 2009, p. 146).

Esses indicadores apontam que os programas de formação docente em EAD necessitam alargar seus parâmetros, a fim de perceber o ofício de professor como prática social intimamente relacionada aos seus determinantes contextuais (FELDMANN, 2009). Não cabe refutar as tecnologias, mas ampliar a compreensão crítica deste instrumental, sem exorcizá-lo e, tampouco, entronizá-lo como panaceia de todos os males. Nesses impasses mercadológicos, é possível observar a distribuição de valores para cada função docente no ambiente virtual de aprendizagem e no meio presencial. Para cada função estão os objetos-condições: saber reger uma sala de aula é mais importante do que conhecer os mecanismos da secretaria de educação; saber estabelecer uma relação com os alunos é mais importante do que saber estabelecer uma relação com os especialistas.

Os saberes docentes obedecem, portanto, a uma hierarquia: seu valor depende das dificuldades que apresentam em relação à prática. Ora, no discurso docente, as relações com os alunos constituem o espaço onde são validados, em última instância, sua competência e seus saberes. A sala de aula e a interação cotidiana com as turmas de alunos constituem, de certo modo, um teste referente tanto ao “eu profissional” quanto aos saberes veiculados e transmitidos pelo docente. Num certo sentido, trata-se de um rito de passagem da condição de estudante à de professor. Os novatos descobrem, por

exemplo, que discussões básicas sobre os princípios educacionais ou sobre as orientações pedagógicas não são realmente importantes na sala dos professores.

Por mais que essas afirmações nos pareçam perturbadoras, as manifestações e reivindicações pelos espaços e autorias docentes não surtirão efeito se tampouco for feita uma mudança nos processos educativos.

2.6 O CEDERJ E AS PERSPECTIVAS EM UMA FORMAÇÃO EAD

Ao se pensar na formação de professores, remetemos à formação do humano e, nessa perspectiva, à construção de mudanças em qualquer que seja o seu espaço de ação. No caso desta pesquisa, o campo de ação destina-se aos alunos dos cursos de Licenciatura em Ciências da Natureza oferecidos pela Fundação Centro de Ciências e Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro (CECIERJ) por meio do Consórcio Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro (CEDERJ) um órgão vinculado à Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovação (SECTI), criado pela Lei Complementar nº 103 de março de 2002.

O Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro (CEDERJ) tem como objetivo oferecer educação superior pública e de qualidade através de cursos na modalidade de Educação a Distância (EAD), com a preocupação de desenvolver habilidades acadêmicas no estudante, como autonomia, disciplina, organização, gestão do tempo, automotivação, fluência tecnológica, responsabilidade, entre outras.

Na EAD não há aulas presenciais diárias, pois o estudante e o professor não compartilham de um mesmo ambiente físico. No entanto, se utilizam as mais variadas formas de contato, como a plataforma *Moodle (Modular object oriented dynamic learning environment)*, um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) e de código aberto, voltado para a aprendizagem, através do acesso a diferentes fontes e formas de leitura, da produção de materiais e principalmente através da comunicação interativa entre alunos e os agentes de ensino. Além do material didático impresso, produzido por professores de cada universidade conveniada. Somando a isso, o estudante também tem um ambiente físico de referência, que é o polo regional.

No polo regional, acontecem as sessões de tutoria presencial, trabalhos em grupo, aulas práticas, avaliações e visita dos docentes das universidades. Os encontros são realizados sob a supervisão de um tutor presencial, um profissional formado e

licenciado na área, selecionado pela universidade e capacitado pelo coordenador de disciplina do curso, para auxiliar o estudante de graduação durante o estudo e facilitar a transição entre a educação presencial e a EAD.

Atualmente, existem mais de 30 polos regionais distribuídos pelo Estado do Rio de Janeiro participando do consórcio CEDERJ. Cada um possuindo determinados cursos de graduação como Licenciaturas, Engenharias e Tecnológicas. Cada curso é regido por universidades públicas conveniadas como UENF, UERJ, UFRJ, UFRRJ, UNIRIO, UFF e CEFET/RJ.

Nesta dissertação, será dada atenção ao polo regional Campo Grande, situado na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro, e ao atendimento de tutoria presencial aos alunos dos cursos de Licenciatura em Física (UFRJ), Matemática (UFF) e Ciências Biológicas (UFRJ) durante as aulas da disciplina obrigatória Introdução às Ciências Físicas I (ICF I) sob a perspectiva da autora desta dissertação, como tutora presencial¹ do polo regional pesquisado.

O trabalho parte da observação feita durante as sessões de tutoria com os alunos dos cursos de Licenciatura em Ciências Naturais e Matemática. A motivação por desenvolver atividades diferenciadas junto com os alunos se deu pela descoberta da não obrigatoriedade de produção textual (TCC, monografia ou artigo científico) e realização de atividades complementares (visitas a centros de ciências, institutos de pesquisa, participação em eventos, cursos e oficinas) como requisitos necessários para a conclusão do curso de Licenciatura em Física, o que contribui para uma “formação bancária” do ensino de Ciências Naturais que, infelizmente, se expressa por meio de usos quase universais em todos os sistemas educativos, por meio de ritos, mecanismos, “macetes” etc.

Por ser uma disciplina experimental, a preocupação se baseia na mudança da postura positivista e mecanicista que ainda vigora sobre as práticas laboratoriais, o que contribui para uma visão descontextualizada da Física com outras áreas de conhecimento, como a Biologia, por exemplo. Os estudantes do curso de Ciências Biológicas são os que mais demonstram dificuldades em relacionar o que aprendem na disciplina Física com o seu curso. E isso se torna bastante preocupante, pois são eles os responsáveis por introduzir os conceitos de Física nas turmas do Ensino Fundamental.

¹ Apesar de o termo tutor ter sido substituído pela nomenclatura mediador, o primeiro é ainda o mais usado entre os profissionais e alunos do consórcio CEDERJ. Por esse motivo, neste trabalho, nos referiremos aos professores do Consórcio como tutores, inclusive para a autora desta pesquisa.

Logo, ao ouvir a inquietação de um grupo de alunas durante uma das sessões supervisionadas: *Onde vou usar isso na sala de aula?* A docente se sentiu ainda mais estimulada a desenvolver atividades que colaborassem com a formação do sujeito educador desde a sua fase inicial.

2.7 O ALUNO DO MEU ALUNO: UM SUJEITO OCULTO

Segundo o artigo 62 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional que trata sobre os Profissionais da Educação:

A formação de docentes para atuar na educação básica far-se-á em nível superior, em curso de licenciatura plena, admitida, como formação mínima para o exercício do magistério na educação infantil e nos cinco primeiros anos do ensino fundamental, a ser oferecida em nível médio, na modalidade normal (BRASIL, 1996).

Também descreve em seu inciso IV, que estão aptos para lecionar em turmas da Educação Básica:

[...] profissionais com notório saber reconhecido pelos respectivos sistemas de ensino, para ministrar conteúdos de áreas afins à sua formação ou experiência profissional, atestados por titulação específica ou prática de ensino em unidades educacionais da rede pública ou privada ou das corporações privadas em que tenham atuado, exclusivamente para atender ao inciso V do caput do art. 36 (BRASIL, 1996).

O artigo 36, ao qual a lei se refere, trata da componente curricular de nível médio a ser composta pela Base Nacional Comum Curricular e por itinerários formativos que “deverão ser organizados por meio da oferta de diferentes arranjos curriculares, conforme a relevância para o contexto local e a possibilidade dos sistemas de ensino” (BRASIL, 1996).

Não está explícito na LDB que docentes de disciplinas específicas como a Física, por exemplo, não possam ministrar aulas no Ensino Fundamental. No entanto, é preciso respeitar as normas, regulamentos e projetos políticos pedagógicos de cada escola. Quando se refere à Educação Básica da esfera pública, é necessário verificar seus editais de seleção. Para este trabalho, tomamos como estudo a entrada de professores para atuar em escolas públicas de Ensino Fundamental do Município do Rio de Janeiro.

Os editais de seleção para professores públicos de Ensino Fundamental, normalmente, trazem como exigência de formação e escolaridade, docentes com

Licenciatura Plena com habilitação em Ciências². Entende-se que os editais fazem distinção entre as Ciências Naturais devido ao ramo da Biologia apresentar-se mais integrador em relação aos eixos temáticos do que a Física e a Química. Isso se deve a sua matriz curricular ser bem mais ampla em relação às duas outras áreas. No entanto, ressaltamos que as políticas públicas educacionais poderiam adotar diferentes editais de seleção para que professores formados em ambas as disciplinas possam atuar neste segmento de ensino. Deste modo, diminuindo a sobrecarga de conteúdos específicos que professores formados em outras áreas precisam dar conta.

As leis educacionais brasileiras propõem que o professor de Educação Básica construa em seus alunos a capacidade de aprender e de relacionar a teoria à prática em cada disciplina do currículo. “Mas como poderá ele realizar essa proeza se é preparado num curso de formação docente no qual o conhecimento de um objeto de ensino, ou seja, o conteúdo, que corresponde à teoria, foi desvinculado da prática?” (TARDIF, 2018, p. 100). Segundo a terceira versão do parecer revisado da Resolução CNE/CP nº 02/2015 publicada em 18/09/2019, que trata sobre Diretrizes Curriculares Nacionais e Base Nacional Comum para a Formação Inicial e Continuada de Professores da Educação Básica (BRASIL, 2019), “a prática na formação docente deve ir muito além do momento de estágio obrigatório ou outras formas de prática pedagógica. Ela deve estar presente ao longo de toda sua formação” (BRASIL, 2019, p. 19). Os estágios acompanham muitas vezes propostas curriculares sem planejamento e sem vinculação com as escolas e com os sistemas escolares, não explicitam suas formas de realização e/ou de supervisão. Por esse motivo, a formação dos profissionais da educação deve ser moldada de forma que possam atender às especificidades do exercício de suas atividades, bem como aos objetivos das diferentes etapas e modalidades da Educação Básica (BRASIL, 1996).

Nos cursos de licenciatura do CEDERJ, em especial no polo Campo Grande, para o qual esta pesquisa foi direcionada, os alunos não possuem vivência em sala de aula como ocorre com os oriundos da modalidade presencial. Finalizam suas graduações sem o exemplo prático do dia a dia em sala de aula em que só adquirimos durante a condição de estudantes. Então, como esses sujeitos licenciados terão condições técnico-

² Consideramos como referência o Edital CVL/SUBSC nº 104 de 16 de maio de 2019 que regulamenta o concurso público para provimento no cargo de professor de Ensino Fundamental - Ciências do quadro permanente de pessoal do Município do Rio de Janeiro, no âmbito da Secretaria Municipal de Educação para professor de Ciências do Município do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/9653320/4237510/editalregsubsc104de16.05.19pefciencias2019.pdf>>. Acesso em Jan/2020.

pedagógicas para corresponder às necessidades socioeducativas de um sistema puramente presencial? Na qual, a relação interpessoal não se faz apenas presente como necessária.

Como discutido nos capítulos anteriores, a relação com que professores de Ciências tratam conteúdos científicos de disciplinas específicas como a Física, por exemplo, reflete a importância que as políticas públicas educacionais têm dado às suas formações. A falta de interlocução entre as áreas de conhecimento não é apenas um fator existente durante sua formação, mas que também afeta sua prática como futuro docente.

Essas considerações nos levam a pensar em dois aspectos. O primeiro deles se refere à regulação da formação e do exercício profissional para o magistério, retratado pelo Artigo 13 da LDB 9.394/96, o qual expressa que os docentes deverão se incumbir de:

- I - participar da elaboração da proposta pedagógica do estabelecimento de ensino;
- II- elaborar e cumprir plano de trabalho, segundo a proposta pedagógica do estabelecimento de ensino;
- III - zelar pela aprendizagem dos alunos;
- IV - estabelecer estratégias de recuperação para os alunos de menor rendimento;
- V - ministrar os dias letivos e horas-aula estabelecidos, além de participar integralmente dos períodos dedicados ao planejamento, à avaliação e ao desenvolvimento profissional;
- VI - colaborar com as atividades de articulação da escola com as famílias e a comunidade.

Em relação aos itens citados, o que nos chama a atenção é o fato do cuidado com a aprendizagem dos estudantes ser a principal incumbência do professor, como se esta fosse a única finalidade do profissional. É preciso evidenciar que a qualidade dos professores e do ensino ministrado é o fator mais importante para explicar o desempenho dos alunos (BRASIL, 2019, p. 7).

[...] a qualidade de um sistema educacional não pode ser maior do que a qualidade de seus professores, porque ela é a alavanca mais importante para melhorar os resultados educacionais. Daí porque a formação docente é o fator mais importante para a melhoria da qualidade do ensino e da aprendizagem escolar dos estudantes (BRASIL, 2019, p. 7).

A resolução aponta sobre a precariedade da formação inicial do professor no Brasil, que se dá por inúmeros problemas relativos ao currículo de sua formação em que se predominam a cultura dominante e fundamentalmente bacharelesca (BRASIL, 2019).

Em que não direcionam para as questões ligadas ao campo da prática profissional e muito menos observa a relação efetiva entre teoria e prática, apresentando-se de forma fragmentária e dispersa. Um fator que pode ser notado em muitos alunos ingressantes nas licenciaturas científicas que ingressam no Ensino Superior com muitos déficits de aprendizagens trazidos do Ensino Médio.

Nesse sentido,

[...] é preciso que a formação docente propicie a eles a oportunidade de refazer o percurso de aprendizagem que não foi satisfatoriamente realizado na educação básica para transformá-los em bons professores, que no futuro contribuirão para a melhoria da qualidade da educação básica (MELLO, 2000, p. 102).

Segundo o artigo 9º da resolução sobre as Diretrizes Curriculares Nacionais (BRASIL, 2013), o currículo do Ensino Fundamental é entendido como sendo constituído pelas experiências escolares que se desdobram em torno do conhecimento, permeadas pelas relações sociais que buscam articular vivências e saberes dos alunos com os conhecimentos historicamente acumulados e contribuem para construir as identidades dos estudantes. As experiências escolares abrangem todos os aspectos do ambiente escolar, aqueles que compõem a parte explícita do currículo, bem como os que também contribuem, de forma implícita, para a aquisição de conhecimentos socialmente relevantes.

Cabe, portanto, aos professores contribuir para construir as identidades educacionais discentes. Mas, para que isso se torne possível, é preciso que lhes sejam fornecidos instrumentos mais complexos de análise que possibilitem o acesso a níveis universais de explicação dos fenômenos, propiciando-lhes os meios para transitar entre a sua e outras realidades (BRASIL, 2013).

Ao tratarmos da área de Ciências da Natureza, entendemos que ela possui um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo, mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências. Nesta perspectiva, a área de Ciências Naturais, por meio de um olhar articulado de diversos campos do saber, precisa assegurar aos alunos do Ensino Fundamental “o acesso à diversidade de conhecimentos científicos produzidos ao longo da história, bem como a aproximação gradativa aos principais processos, práticas e procedimentos da investigação científica” (BRASIL, 2018, p. 321).

Para orientar a elaboração dos currículos de Ciências, as aprendizagens essenciais a serem asseguradas neste componente curricular foram organizadas em três unidades temáticas que se repetem ao longo de todo o Ensino Fundamental, publicadas na Base Nacional Comum Curricular, como mostra o **Quadro 2.1**.

Quadro 2.1: Unidades temáticas para o ensino de Ciências do Ensino Fundamental.

| UNIDADES TEMÁTICAS | OBJETOS DE CONHECIMENTO |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Matéria e energia | Aspectos quantitativos das transformações químicas Estrutura da matéria Radiações e suas aplicações na saúde |
| Vida e evolução | Hereditariedade Ideias evolucionistas Preservação da biodiversidade |
| Terra e Universo | Composição, estrutura e localização do Sistema Solar no Universo Astronomia e cultura Vida humana fora da Terra Ordem de grandeza astronômica Evolução estelar |

Fonte: Informações extraídas da Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018, p. 351).

Além do currículo proposto pela BNCC, os professores do Ensino Fundamental das escolas públicas do Município do Rio de Janeiro também contam como apoio pedagógico as orientações curriculares para cada disciplina de cada ano de ensino, nas quais se podem verificar os enfoques e ênfases a serem desenvolvidos nos diferentes tópicos de cada bimestre/ano. No **Quadro 2.2**, seguem alguns dos temas de Física, trabalhados na disciplina de Ciências do 9º ano do Ensino Fundamental. A coluna dos Objetivos pode ser entendida como as competências que se quer almejar.

Quadro 2.2: Temas de Física trabalhados na disciplina de Ciências do 9º ano do Ensino Fundamental.

| CONTEÚDOS | HABILIDADES | BIMESTRE | OBJETIVOS |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Grandezas físicas | Diferenciar as grandezas físicas que encontramos no nosso dia a dia (distância, tempo, massa, peso). | 3º | Compreender que os princípios físicos explicam uma grande quantidade de fenômenos naturais, presentes no cotidiano. Concluir que o funcionamento das máquinas e dos aparelhos que estão a nossa volta dependem dos princípios físicos existentes na natureza. |
| Movimento e repouso | Perceber que a condição de movimento ou de repouso depende de um referencial. Identificar e caracterizar estimativas de valores, quantidade de movimento e sua variação. | 3º | Compreender que os princípios físicos explicam uma grande quantidade de fenômenos naturais, presentes no cotidiano, e concluir que o funcionamento das máquinas e aparelhos que estão |
| Força, gravitação dos corpos e as Leis de Newton | Relacionar os movimentos realizados pelos corpos à interação com a sua massa e as forças que atuam sobre ele, incluindo a força gravitacional. | 3º | Compreender que os princípios físicos explicam uma grande quantidade de fenômenos naturais, presentes no cotidiano, e concluir que o funcionamento das máquinas e aparelhos que estão |

| | | | |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Trabalho, potência e as máquinas simples</p> | <p>Entender o trabalho como transformação de energia e a potência como a capacidade de realizar trabalho.</p> <p>Perceber que as máquinas simples, encontradas no cotidiano, facilitam o trabalho, mas não o reduzem.</p> | <p>3º</p> | <p>a nossa volta dependem dos princípios físicos existentes na natureza.</p> |
| <p>Calor</p> | <p>Identificar calor como troca de energia entre as substâncias encontradas nas mudanças de estado, de temperatura e de pressão da matéria.</p> | <p>4º</p> | <p>Reconhecer a importância dos fatores ambientais – luz, ondas, calor, som, eletricidade e magnetismo – para as atividades cotidianas do ser humano e para a preservação do planeta Terra.</p> |
| <p>Som, luz e eletricidade</p> | <p>Identificar que som e luz são fenômenos ondulatórios nos quais ocorrem emissão e propagação de energia.</p> <p>Relacionar as cores ambientais à presença de luz.</p> <p>Reconhecer eletricidade como</p> | <p>4º</p> | |

| | | | |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | corrida de elétrons | | |
| Eletricidade e magnetismo | Perceber os fenômenos magnéticos como decorrência da organização especial interna dos átomos de ferro utilizados na indução. Identificar o magnetismo terrestre e suas manifestações na vida dos seres vivos. | 4º | Compreender a importância dos fatores ambientais – luz, ondas, calor, som, eletricidade e magnetismo – para as atividades cotidianas do ser humano e para a preservação do planeta Terra. |

Fonte: Informações extraídas das orientações curriculares para o ensino de ciências – 9º ano (BRASIL, 2020, p. 73 - 76).

Como podemos verificar no Quadro 6.2, os conceitos físicos estão restritos aos 3º e 4º bimestres. Os conceitos referentes a temas de Biologia e Química centralizam-se nos dois primeiros. Mas, como esses temas fogem do escopo dessa dissertação, tomamos como objeto de estudo apenas os dois últimos.

É sabido, por meio da literatura, assim como em nosso ambiente profissional, que temas de Física causam certa estranheza para quem não é formado na área ou que possui pouca aproximação com suas diretrizes (MOREIRA, SACRAMENTO e SILVA, 2016). No entanto, essa mesma percepção parece não ser considerada pelos professores universitários que lecionam para os alunos ingressantes de cursos de formação de professores, como se alguma deficiência ou lacuna de aprendizagem não pudessem preceder o aprendizado de conteúdos científicos de nível superior. Usualmente, nos meios acadêmicos, é possível ouvir argumentos como “já deveriam ter aprendido sobre isso no Ensino Médio” como forma de “desculpa” para não se aprofundarem em determinados temas ou para o receio de não conseguirem completar o programa curricular por terem dado importância às defasagens escolares básicas.

Os alunos que compõem o público-alvo desta pesquisa possuem em sua matriz curricular duas disciplinas que correspondem aos conteúdos apresentados

anteriormente. Para cada curso de licenciatura, a disciplina é oferecida em períodos diferentes. São elas:

Quadro 2.3: Ementas e períodos das disciplinas oferecidas aos cursos de Licenciatura em Física, Matemática e Ciências Biológicas.

| DISCIPLINAS | EMENTA | PERÍODOS OFERECIDOS | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------|---------------------|
| | | Física | Matemática | Ciências Biológicas |
| Introdução às Ciências Físicas I | O método científico. Óptica geométrica. Noções introdutórias de Astronomia e de Mecânica da Partícula. A observação experimental e a realização de medidas. | 1º | 5º | 6º |
| Introdução às Ciências Físicas II | O método científico. Conceitos básicos de termometria e eletricidade. A observação experimental e a realização de medidas. | 2º | - | 7º |

Fonte: Informações extraídas da ementa dos cursos de Licenciatura em Física, Matemática e Ciências Biológicas da Fundação CECIERJ/Consórcio CEDERJ (FUNDAÇÃO CECIERJ/CONSÓRCIO CEDERJ, 2019).

Como podemos observar, a disciplina Introdução às Ciências Físicas I é oferecida para os três cursos de licenciatura, cada uma com seus diferentes períodos semestrais, enquanto a disciplina Introdução às Ciências Físicas II é somente oferecida a dois cursos: Física e Ciências Biológicas, tendo a anterior como seu pré-requisito.

A relação das disciplinas universitárias com os conteúdos a serem aprendidos no 9º ano do Ensino Fundamental apresentam correspondências. Conteúdos presentes no 3º bimestre, como Grandezas Físicas, Movimento e Repouso de Partículas, Força de Gravitação e Leis de Newton, estão presentes no currículo de ICF I como estudo de Mecânica, enquanto os conteúdos do 4º bimestre, como Calor, Eletricidade e Magnetismo, estão compreendidos na disciplina de ICF II, no ramo da Eletricidade e da Termodinâmica.

Chamamos a atenção para os conteúdos relacionados a Som e Luz, presentes no 4º bimestre do 9º ano do Ensino Fundamental. Por mais que entendamos que ambas são representações de propagação de energia e que possuem comportamentos, ora

ondulatórios ora corpusculares, seus estudos se apresentam em momentos diferentes no currículo universitário, e nem sempre são abordados de forma significativa e/ou aprofundada.

Ao trabalharmos os currículos dos cursos de licenciatura oferecidos pelo consórcio CEDERJ, nos deparamos com algumas diferenças entre eles. A primeira, relacionada ao Som, que não está presente em nenhuma das disciplinas ofertadas, sendo somente contemplada em disciplinas mais avançadas do curso de Física. A segunda, relacionada à Luz, presente somente na primeira parte do semestre como estudo de Óptica Geométrica, que se preocupa em estudar apenas os princípios de reflexão e refração, não contemplando, portanto, habilidades a serem desenvolvidas para o nível fundamental. De acordo com a BNCC (BRASIL, 2018), deve-se:

Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina (BRASIL, 2018, p. 351).

A disciplina ICF I possui cinco práticas de laboratório: 1) Propagação da Luz em um meio homogêneo; 2) Propagação da Luz em meios não homogêneos; 3) Formação de imagens em espelhos planos e curvos; 4) Mesa de Forças; 5) Flutuação dos corpos. Sendo as três primeiras relacionadas à Óptica Geométrica e as duas últimas à Mecânica das Partículas. Para ser aprovado, o estudante precisa realizar pelo menos quatro dos cinco laboratórios ofertados, além de alcançar a média suficiente na parte teórica do curso. Para esta pesquisa abordaremos apenas as práticas relacionadas à Óptica Geométrica, como mostram as **Figuras 2.1 a 2.3**.

Prática 1: Propagação da Luz em um meio homogêneo.

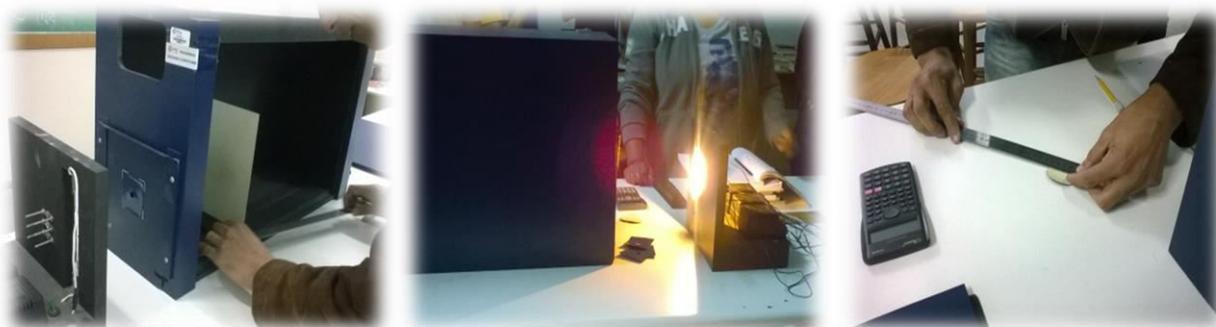


Figura 2.1: Experimento da Câmara Escura.

Fonte: Fotografia da autora.

Prática 2: Propagação da Luz em meios não homogêneos.

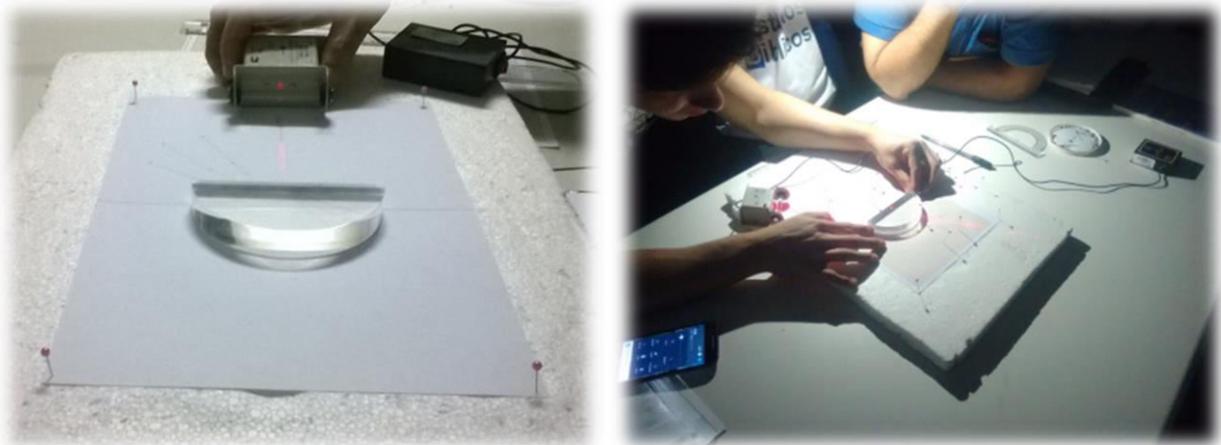


Figura 2.2: Experimento de interação da Luz com a matéria.

Fonte: Fotografia da autora.

Prática 3: Formação de imagens em espelhos planos e curvos.

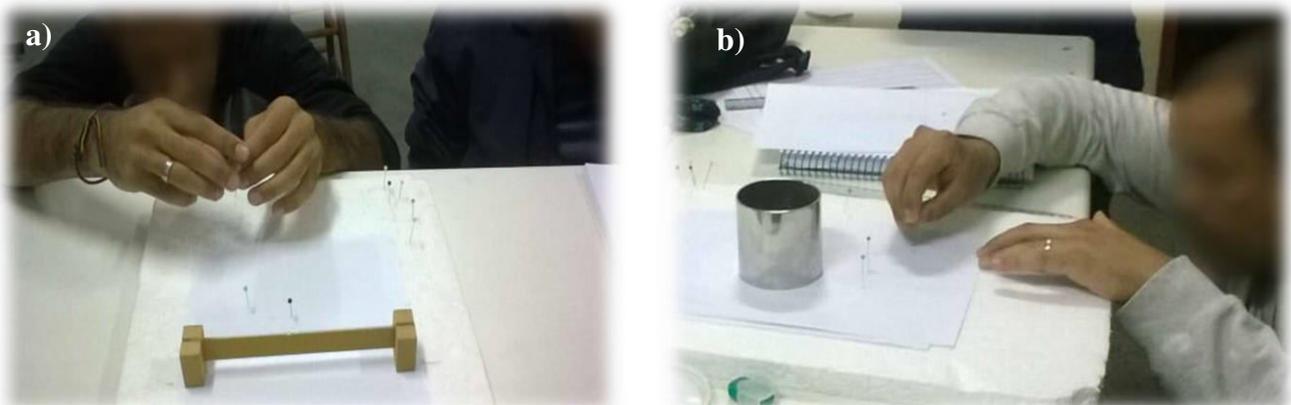


Figura 2.3: Experimentos com a) espelho plano e b) espelho curvo.

Fonte: Fotografia da autora..

O curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do CEDERJ não oferece disciplinas avançadas sobre os estudos aprofundados de Mecânica e Eletricidade como ocorrem no curso de Licenciatura em Física. Também não é dada mais oportunidades para que temas relacionados à Luz, por exemplo, possam ser bem mais trabalhados. Isso faz com que os conteúdos apreendidos sejam apresentados de forma totalmente desconexa e fragmentada, na qual, a verificação da aprendizagem limita-se apenas a relatórios de experimentos e avaliações. Cujos objetivos se limitam apenas na correta execução de algoritmos associados a determinadas fórmulas.

A forma como essas disciplinas vinham sendo trabalhadas fez com que alunos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas criassem um abaixo-assinado³ pedindo a alteração de suas ementas. A atitude, que pareceu um tanto radical na época, foi promovida pelo fato de ter um grande número de estudantes, inclusive de outros cursos, retidos por muitos períodos, o que acabou causando em alguns polos um alto índice de evasão.

No lugar das duas disciplinas, foi criada, então, a matéria chamada “Conceitos de Física para o Ensino de Ciências”, voltada apenas para o público de Biologia, que aborda temas sobre Óptica Geométrica, Mecânica das Partículas, Eletricidade e Termodinâmica. Contudo, ao contrário das duas anteriores, esta não oferece práticas laboratoriais, o que desagradou o grupo de tutores que ministravam as disciplinas de ICF I e ICF II, sob alegação de que a falta de laboratório torna o estudo mais simplificado e sem conceitos considerados importantes, podendo causar deficiências na aprendizagem de seus futuros alunos.

Nas teorias do currículo, entretanto, a pergunta “o quê?” nunca está separada de uma outra importante pergunta: “o que eles ou elas devem ser?” ou, melhor, “o que eles ou elas devem se tornar?”. Afinal, um currículo busca precisamente modificar as pessoas que vão “seguir” aquele currículo. Na verdade, de alguma forma, essa pergunta precede à pergunta “o quê?”, na medida em que as teorias do currículo deduzem o tipo de conhecimento considerado importante justamente a partir de descrições sobre o tipo de pessoa que elas consideram ideal. Qual é o tipo de ser humano desejável para um determinado tipo de sociedade? (SILVA, 2016, p. 15).

Nas discussões cotidianas, quando pensamos em currículo, pensamos apenas em conhecimento, esquecendo-nos de que o conhecimento que constitui o currículo “está inextricavelmente, centralmente, vitalmente, envolvido naquilo que somos, naquilo que nos tornamos: na nossa identidade, na nossa subjetividade” (SILVA, 2016, p. 15). Por meio dele, eu identifico o sujeito que estou formando e que tipo de sujeito eu quero formar. O professor ideal é alguém que deve conhecer sua matéria, sua disciplina e seu programa, além de possuir certos conhecimentos relativos às ciências da educação e à pedagogia e desenvolver um saber prático baseado em sua experiência cotidiana com os alunos (TARDIF, 2018).

Cursos de formação de professores de má qualidade produzem um professorado que, quando inseridos no mercado de trabalho, desenvolvem práticas docentes

³Petição pública. Abaixo-assinado. Reformulação das disciplinas ICF 1 e ICF 2 do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas direcionado a Coordenação Geral do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Consórcio CEDERJ. Disponível em: <<https://peticaopublica.com.br/pview.aspx?pi=P2012N23454>>. Acesso em Set/2018.

puramente curriculares. Comportando-se como informadores ou transmissores de informações, que reproduzem, incansavelmente, rituais sagrados. Até que, eventualmente, acabam “seduzindo” aqueles alunos considerados “bons” nessa ou naquela matéria. Que tão logo, nos primeiros períodos da universidade, acabam verificando por si próprios suas deficiências de aprendizagem. Assim como destaca o relatório levantado pela terceira versão do parecer da resolução CNE/CP nº 02/2015 publicada em 18/09/2019:

Muitos alunos ingressantes nas licenciaturas associadas a estas disciplinas [física e química], incluindo também matemática e biologia, ingressam no ensino superior com muitos déficits de aprendizagens trazidos do ensino médio, e conseqüentemente têm dificuldades de concluir os respectivos cursos, o que se reflete na alta evasão destas licenciaturas (BRASIL, 2019, p. 8).

De que adiantam novas reformas de ensino, se a maior parte delas é voltada para a Educação Básica e poucas para formação de professores de Ensino Superior? De que adianta, se a formação inicial de professores continua da mesma forma de há décadas? Percebe-se que muitos cursos de Licenciatura não estão acompanhando essa mudança que vem ocorrendo gradativamente nos níveis fundamental e médio. A falta de um olhar mais crítico sobre os cursos de formação de professores impede que o licenciando se prepare mais adequadamente para as exigências de um sistema de ensino ao qual ele não está acostumado, o que pode resultar em alto índice de evasão e/ou em desvio de funções depois de formados (BRASIL, 2019). Aqueles que realmente decidem seguir a carreira de magistério, infelizmente, acabam encarando seus anos em sala de aula com tantas dúvidas, incertezas e deficiências quanto na época em que entraram na universidade, perpetuando desse modo, um ciclo de aprendizagem deficiente.



Figura 2.4: Ciclo de aprendizagem deficiente.

Fonte: Elaborada pela autora.

Nem mesmo os anos de graduação conseguirão dar conta de ensinar ao licenciando sobre todas as práticas de ensino existentes. É preciso que cada proposta curricular de alguma forma converse com as realidades escolares futuras, utilizando meios de trabalhos interdisciplinares, envolvidos com outras áreas de atuação, promovendo ações que despertem a capacidade do futuro educador em interagir com a problemática do contexto no qual a instituição está inserida.

2.8 OS CAMINHOS DA INTERDISCIPLINARIDADE

Observamos em nosso ambiente profissional muitas tentativas em se trabalhar com atividades interdisciplinares. No entanto, sua implementação apresenta ainda inúmeros desafios. Principalmente, quando se trata de ensinar conteúdos provenientes das Ciências da Natureza como a Física e a Biologia, por exemplo. Estes saberes ainda continuam sendo trabalhados como blocos distintos e desarticulados durante os cursos de formação, fazendo com que um acabe se sobrepondo a outro, em decorrência do *status* e do poder que adquirem na academia (PIMENTA, 2009), resultando em um ensino fragmentado, linear e descontextualizado.

Pesquisas que tangem o tema interdisciplinar percorrem o Brasil desde os anos 60, embora somente a partir da década de 1970 tenham passado a se destacar no meio acadêmico devido às inúmeras reformas na educação brasileira que vinham acontecendo

na época (FAZENDA, 2010; MOZENA e OSTERMANN, 2016). Em 2012, finalmente, implantou-se uma proposta governamental a respeito de um redesenho curricular anunciado pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC), sobre a integração das disciplinas no Ensino Fundamental e Médio (MOZENA e OSTERMANN, 2016).

Contudo, mesmo sendo uma estratégia legitimada, muitos continuam levantando as mesmas questões feitas por Mozena e Ostermann (2016, p. 94): “Mas afinal, o que é essa tal de interdisciplinaridade? Qual a sua relação com integração curricular?”.

Segundo Ivani Fazenda (2010), a qual tomamos como referencial teórico dessa pesquisa, o termo interdisciplinaridade não possui uma definição única, pois, o justifica como sendo um conceito bastante polissêmico, sem um sentido único e estável. No entanto, deixa claro que “sua existência se dá pelo menos a duas disciplinas como referência e a presença de uma ação recíproca” (FAZENDA, 2009, p. 46).

Apesar da falta de uma definição precisa, numa revisão de literatura da área de ensino de Ciências/Física feita por Mozena e Ostermann (2016, p. 96), certas posições mostram-se como consenso entre a grande maioria das pesquisas analisadas. Em teoria, “a interdisciplinaridade não constitui a negação ou extinção das disciplinas, nem um pouco a superposição, como acontece na multidisciplinaridade. Também não se opõe às disciplinas”, pois, segundo Lenoir (2009, p.46), “a perspectiva interdisciplinar não é, portanto, contrária à perspectiva disciplinar; ao contrário, não pode existir sem ela e, mais ainda, alimenta-se dela”.

No entanto, a interdisciplinaridade que vem sendo praticada nas escolas, segundo Mozena e Ostermann (2016), representa apenas “um paradigma oriundo da falência da organização curricular por disciplinas tradicionais na escola”, que promove um acúmulo de informações, mas que pouco contribui para a vida ativa e profissional dos estudantes. Isso justifica que uma grande parte dos professores esteja mais preocupada com os conteúdos a serem cobrados nos vestibulares e avaliações nacionais. Os próprios professores não se veem preparados na prática, o que é muito plausível, segundo Mello (2000, p. 105), pois “a sensação de incompetência na especialidade do outro pode levar o professor a sentir-se ameaçado pelo trabalho interdisciplinar”, fazendo com que não avancem além do senso comum (MOZENA e OSTERMANN, 2016).

Mas como os professores são responsáveis por algo que não fez parte da sua educação enquanto alunos, nem da sua formação profissional? Como outorgar-lhes tamanha responsabilidade se não lhes é oferecido qualquer arcabouço teórico ou exemplos de como efetivá-la na sala de aula? Parece-nos óbvio que ao transferir ao professor uma incumbência para a qual ele não está preparado, o único desfecho possível é um desastre educacional, que com certeza implicará um repúdio à ideologia interdisciplinar (MOZENA e OSTERMANN, 2016, p. 105).

O sentido da ambiguidade torna-se, assim, a marca maior dos projetos interdisciplinares que objetivam um árduo caminho de construção teórica da Educação, principalmente, quando se é preciso enfrentar um ensino que bem ou mal ainda se encaixa nos moldes convencionais de teorias disciplinares (Fazenda, 2009).

Vivemos radicalmente os efeitos dessa ambiguidade quando analisamos as formas como educamos, ou como fomos educados, quando as confrontamos com a ampla redefinição do conceito de ciência que vem sendo empreendida, ou quando analisamos avançados estudos etnográficos na educação, ou mesmo quando observamos novos focos de processos integradores vividos por professores e descritos por muitos pesquisadores das questões interdisciplinares (FAZENDA, 2009, p.12).

A interdisciplinaridade não existe apenas na correlação entre disciplinas da mesma área de conhecimento, mas entre todas elas. Da mesma forma que para esta dissertação escolhemos trabalhar com conceitos de Física e Biologia, o mesmo ocorre com outras disciplinas, como História, Língua Portuguesa, Literatura ou mesmo com as Línguas Estrangeiras. A dificuldade em fazer interagir diferentes disciplinas em uma mesma prática só demonstra que, mais uma vez, é preciso uma etapa básica no curso de formação em que se recuperem ou se consolidem os conhecimentos do Ensino Médio (MELLO, 2000).

Os projetos que os professores aplicam muitas vezes nos eventos escolares não são nem de longe interdisciplinares, pois as disciplinas não dialogam entre si. Existe um claro muro impedindo essa troca e, que na maioria das vezes, se deriva da não proximidade das áreas ou pela simples rejeição delas. Provavelmente falte também aos professores uma formação mais sólida em suas áreas. Principalmente, no que tange a articulação entre as Ciências da Natureza e as Ciências Humanas, de forma que lhes permita com mais facilidade aprofundar os assuntos que não dominam e também perceber as relações existentes com as outras disciplinas.

É preciso investigar “a forma como se pergunta e se questiona em sala de aula, e a conclusão mais genérica e peculiar revela-nos a importância do ato e da forma como a dúvida se instaura” (FAZENDA, 2010, 179- 180). Ela será a determinante do ritmo e do contorno que a ação didática contempla. Ao não colocá-la como ponto de partida e de

chegada da formação, acaba por não possibilitar ao professor articular e traduzir os novos saberes em novas práticas.

Para além da finalidade de conferir uma habilitação legal ao exercício profissional da docência, do curso de formação inicial se espera que forme o professor. Ou que colabore para sua formação. Melhor seria dizer que colabore para o exercício de sua atividade docente, uma vez que *professorar* não é uma atividade burocrática para a qual se adquiram conhecimentos e habilidades técnico-mecânicas. Dada a natureza do trabalho docente, que é ensinar como contribuição ao processo de humanização dos alunos historicamente situados, espera-se da licenciatura que desenvolva nos alunos conhecimentos e habilidades, atitudes e valores que lhe possibilitem permanentemente construir seus saberes-fazeres docentes com base nas necessidades e nos desafios que o ensino como prática social lhes coloca no cotidiano. Espera-se, pois, que mobilize os conhecimentos da teoria da educação e da didática necessários à capacidade de investigar a própria atividade para, com base nela, constituir e transformar seus saberes-fazeres docentes, num processo contínuo de construção de suas identidades como professores (PIMENTA, 2009, p. p. 163 - 164).

Nessa direção, cremos que o papel do professor continua essencial na interdisciplinaridade escolar, mas esta não deve ser totalmente outorgada a ele. Uma parceria universidade escola, sem verticalizações, com a participação de acadêmicos das áreas específicas e da educação pode ser um caminho frutífero para se efetivar a prática escolar.

“Sem essa parceria, provavelmente, o professor continuará replicando a multidisciplinaridade que tem “dado certo” para ele na escola” (MOZENA e OSTERMANN, 2016, p. 108), sem levar ao aluno, contudo, uma aprendizagem significativa que o faça compreender as diversas formas como o mundo contemporâneo funciona.

Mas, independentemente de seu conhecimento especializado, é preciso lembrar que o professor em formação cumpriu a Educação Básica. Dela saiu, espera-se, tendo constituído conhecimentos, competências e habilidades básicas para ser um cidadão produtivo. Cidadania é antes de tudo um exercício de polivalência. Essa polivalência, ele pode e deve transferir para seu exercício profissional, abrindo-se, portanto, aos conhecimentos das demais áreas curriculares, interagindo com seus colegas para estabelecer relações entre sua especialidade e as outras disciplinas a fim de estar propício a praticar a interdisciplinaridade (MELLO, 2000).

É a existência de uma problemática e de um corpo de conhecimentos específicos, o que torna possível a integração de contribuições provenientes de outros campos. Tais contribuições adquirem sentido na medida em que podem responder a problemas surgidos no próprio domínio.

2.9 SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA

Segundo Pimenta (2009), ao perguntarmos a estudantes de licenciatura sobre o que eles entendem a respeito do conceito de didática, é possível encontrar respostas quase unânimes a esta: “ter didática é saber ensinar”. A autora acrescenta que os licenciandos levam em conta a forma como ela é aplicada em sala de aula: “muitos professores sabem a matéria, mas não sabem ensinar” (PIMENTA, 2009, p. 169). Essa percepção traz em si uma contradição importante. De um lado, revela que os alunos esperam que a didática lhes forneça as técnicas a serem aplicadas em toda e qualquer situação para que o ensino dê certo. “Esperam ao mesmo tempo em que desconfiam, pois também há tantos professores que cursaram a disciplina (e até ensinam!) e, no entanto, não tem didática” (*ibid.*). De outro lado, revela que, de certa maneira, há um reconhecimento de que para saber ensinar não bastam a experiência e os conhecimentos específicos, mas se fazem necessários os saberes pedagógicos e didáticos.

Entre vários fatores que contribuem para a formação docente, alguns são elencados como os responsáveis por fazer um “bom professor”. Segundo Castro e Carvalho (2018), destacam-se os seguintes saberes:

[...] saber preparar as aulas, dirigir as atividades dos alunos; ter boa interação em classe, isto é, entender o que os alunos dizem e se fazer entender por eles, saber avaliar, escolher dentro do currículo apresentado pela escola o que é mais significativo, etc. (CASTRO e CARVALHO, 2018, p. 108).

No entanto, existe um ponto em que há um consenso entre os professores quando se propõe a questão do “saber” e “saber-fazer”, que é a importância concedida a um bom conhecimento da matéria a ser ensinada (CARVALHO e GIL-PÉREZ, 2011), o que faz sentido se levarmos em conta que a formação dos professores de Ciências se reduz, com frequência, praticamente aos conteúdos científicos.

Um bom domínio da matéria constitui-se também a partir de um ponto de vista didático como algo fundamental. Os próprios alunos são extremamente sensíveis a esse domínio da matéria pelos professores, considerando-o como um requisito essencial de sua própria aprendizagem.

Com efeito, começa-se hoje a compreender que os professores têm ideias, atitudes e comportamentos sobre o ensino, devidos a uma longa formação ‘ambiental’ durante o período em que foram alunos. A influência desta formação incidental é enorme porque responde a experiências reiteradas e se adquire de forma não reflexiva como algo natural, óbvio, o chamado ‘senso comum’, escapando assim à crítica e transformando-se em um verdadeiro obstáculo (CARVALHO e GIL-PÉREZ, 2011, p. 27-28).

A preparação profissional se dá pela necessidade de superar alguns obstáculos, promovidos também pela falta de conhecimentos científicos. Para Carvalho e Gil-Pérez (2011), a carência de conhecimentos da matéria é uma das responsáveis por transformar o professor em um transmissor mecânico dos conteúdos livro-texto.

Na verdade, o professor precisa saber analisar criticamente o ensino tradicional, sendo que essa análise não é fácil, pois requer uma ruptura da visão da docência recebida até o momento. “Várias atividades na formação do professor devem ser direcionadas para esse fim e aqui aparece de modo bastante forte: a relação entre a teoria e a prática, entre o saber e o saber fazer” (CASTRO e CARVALHO, 2018, p. 112). Os professores não só deverão saber analisar criticamente o ensino tradicional como também fazer atividades renovadoras, em vez de limitarem-se a apresentações expositivas.

É muito comum nos depararmos com atividades organizadas em um modelo tradicional, dogmático, que, segundo Zabala (2010, p. 54), normalmente são apresentadas em quatro fases:

- 1) Comunicação da lição;
- 2) Estudo individual sobre o livro didático;
- 3) Repetição do conteúdo aprendido (com intuito de fixação);
- 4) Julgamento ou sanção administrativa (nota) do docente.

Igual modelo de sequência é vista em grande parte dos cursos de formação inicial docente, inclusive, na modalidade EAD, em que o licenciando é estimulado a estudar pelo livro-texto e comparecer ao polo regional, no caso do CEDERJ, para realizar as práticas laboratoriais e suas avaliações presenciais, tendo como espaço destinado para esclarecimento de dúvidas a plataforma online.

Há evidências de que, apesar de todas as repulsas verbais, hoje continua-se fazendo nas aulas de Ciências praticamente o mesmo que há 60 anos. Convém, por isso, mostrar aos professores – durante a sua formação inicial ou permanente – até que ponto e, insistimos, à margem de atitudes de rejeição generalizadas, o que eles denominam pejorativamente “ensino tradicional” neles está profundamente impregnado ao longo dos muitos anos em que, como alunos, acompanharam as atuações de seus professores. Trata-se de uma formação ambiental que teve um grande peso por seu caráter reiterado por não estar submetida a uma crítica explícita, constituindo-se, por isso, em algo “natural”, sem chegar a ser questionada efetivamente (CARVALHO e GIL-PÉREZ, 2011, p. 39).

A proposta de uma formação docente como mudança didática exige não apenas mostrar insuficiências da formação ambiental recebida, mas oferecer, ao mesmo tempo, alternativas realmente viáveis.

É provável que a avaliação seja um dos aspectos do processo ensino-aprendizagem, em que mais se faça necessária uma mudança didática. Um trabalho de formação dos professores, que questione “o que sempre se fez” e favoreça uma reflexão crítica de ideias e comportamentos docentes de senso comum muito persistentes (CARVALHO e GIL-PÉREZ, 2011). Esse processo exige uma mudança de postura do professor em relação às formas de avaliar a aprendizagem dos alunos.

Não basta estruturar cuidadosamente e fundamentadamente um currículo, se o professor não receber um preparo adequado para aplicá-lo. O problema não se resolve apenas proporcionando aos professores instruções mais detalhadas, através de manuais ou cursos complementares. Faz-se necessária uma profunda revisão da formação, seja ela inicial ou continuada.

Atividades de estágio direcionadas para essa análise crítica da escola e de seu ambiente devem fazer parte da formação de todos os professores, inclusive a EAD, visto que alunos desta modalidade não possuem vivência em sala de aula como os estudantes da modalidade presencial. O Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) pode ser um ótimo lugar onde os alunos possam trabalhar em grupo, discutir suas ideias com os pares e com o professor. No entanto, não é suficiente para que os alunos adquiram saberes experienciais de sala de aula.

Todo o conhecimento é a resposta de uma questão. Entretanto não deve ser uma questão ou um problema qualquer. Essa questão ou este problema, para ser uma questão para os alunos, deve estar dentro de sua cultura, sendo interessante para eles de tal modo que se envolvam na busca de uma solução e na busca desta solução deve-se permitir que se exponham seus conhecimentos espontâneos sobre o assunto (CARVALHO, 2013, p. 6).

Nesta etapa, o papel do professor é muito importante. A aula, nesse momento, precisa proporcionar espaço e tempo para a sistematização coletiva do conhecimento. Ao ouvir o outro, ao responder à professora, o aluno não só relembra o que fez como também colabora na construção do conhecimento que está sendo sistematizado. É a etapa da passagem da ação manipulativa à ação intelectual. E como ação intelectual, os alunos vão mostrando, por meio do relato do que fizeram, as hipóteses que deram certo e como foram testadas. Essas ações intelectuais levam ao início do desenvolvimento de atitudes científicas como o levantamento de dados e a construção de evidências (CARVALHO, 2013, p. 12). As aulas de laboratório ou atividades práticas precisam ser bem organizadas para que os alunos possam resolvê-las sem se perder. O material didático deve ser intrigante para despertar-lhes a atenção, de fácil manejo para que possam manipular e chegar a uma solução sem se cansarem.

No entanto, o que estamos acostumados a ver nas práticas de laboratório é a utilização de material sofisticado, não disponível na maior parte das escolas de Educação Básica e, sobretudo, que se limita a um processo de verificação, “ao estilo de receitas de cozinha, o que não contribui em absoluto à compreensão da atividade científica” (CARVALHO e GIL-PÉREZ, 2011, p. 68). Modelos antigos, ditos tradicionais e/ou dogmáticos são a contramão de um aprendizado valioso, cujos objetivos se limitam apenas a verificar se os alunos sabem executar algoritmos associados a uma determinada fórmula, identificar o tema trabalhado em sala e se são capazes de responder a diferentes tipos de questionários adequadamente (ZABALA, 2010).

É preciso explicitar que toda e qualquer atividade estruturada em fases ou etapas e que possui um método avaliativo se configura em uma sequência didática. No entanto, nem todas conseguem alcançar uma aprendizagem significativa (ZABALA, 2010).

A sequência didática não possui um formato pronto. Para construí-la, é preciso que se descubra o que os alunos querem saber, acham interessante resolver e então traçar os objetivos que se quer alcançar. É preciso redesenhar vários modelos, para então conseguir aquela que dará conta ou ao menos chegará perto de resolver os problemas apresentados (ZABALA, 2010).

Nem tudo se aprende do mesmo modo, no mesmo tempo nem com o mesmo trabalho. Discernir o que pode ser objeto de uma unidade didática, como conteúdo prioritário, do que exige um trabalho mais continuado, ao longo de diversas unidades e, inclusive, em áreas e situações escolares diversificadas, talvez seja um exercício ao qual não estamos suficientemente acostumados, mas nem por isso é menos necessário (ZABALA, 2010, p. 86).

Uma vez que não é possível iniciar nenhuma aula, nenhum novo tópico, sem procurar saber o que os alunos já conhecem ou como eles entendem as propostas a serem realizadas. Assim, uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) deve ter algumas atividades-chave. Na maioria das vezes, a SEI inicia-se por um problema, experimental ou teórico, contextualizado, que introduza os alunos no tópico desejado e ofereça condições para que pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático. É preciso, após a resolução do problema, uma atividade de sistematização do conhecimento construído pelos alunos (CARVALHO, 2013).

“Sequências são um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos” (ZABALA, 2010, p. 18). O

ideal é aplicar uma sequência didática que permita uma aprendizagem mais concreta, reflexiva e emancipadora. Por esse motivo, ao se pensar sobre o produto educativo desta pesquisa, se pretendeu desenvolver atividades que se baseiam na interlocução com temas interdisciplinares, que adaptadas no modelo do “estudo do meio” buscam uma aprendizagem significativa. Tal modelo, segundo Zabala (2010, p. 55) se configura da seguinte forma:

- a) Atividade motivadora relacionada com uma situação conflitante da realidade experiencial dos alunos;
- b) Explicação das perguntas ou problemas que esta situação coloca;
- c) Respostas intuitivas ou “hipóteses”;
- d) Seleção e esboço das fontes de informação e planejamento da investigação;
- e) Coleta, seleção e classificação dos dados;
- f) Generalização das conclusões tiradas;
- g) Expressão e comunicação.

Não se trata apenas de uma estratégia para fazer com que a aprendizagem seja mais interessante ou mais aprofundada acerca de um tema. É atender a uma formação mais integral.

Ao se pensar em estratégias adequadas que possam favorecer a interlocução entre o professor, o currículo e o aluno, optamos por abordar como prática pedagógica Sequências de Ensino Investigativas (SEI), as quais, abrangem tópicos do programa acadêmico presente nos cursos de Licenciatura da Fundação CECIERJ/ Consórcio CEDERJ do Polo Regional Campo Grande, articulando tópicos similares e complementares das disciplinas de Biofísica e ICF I. O objetivo se encontra em proporcionar aos alunos de Ciências Biológicas condições de trazer seus conhecimentos prévios de Biofísica, apreendidos em períodos anteriores, como forma de sistematizar conceitos como biofísica da visão com conceitos de óptica geométrica (luz e cor) encontradas na disciplina de ICF I.

3. METODOLOGIA

Este trabalho apresenta uma pesquisa qualitativa de cunho exploratório. Fizemos uso de coleta de dados por meio da aplicação de questionários semiestruturados, e pesquisas bibliográficas que buscaram dados descritivos referentes às implicações e

problemáticas da formação e da atuação do docente do ensino de Ciências para o segundo segmento do Ensino Fundamental.

Com relação à abordagem, nossa pesquisa pode ser considerada como sendo pesquisa-ação, quando concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo. Segundo (FREITAS e PRODANOV, 2013, p. 66), a pesquisa-ação ocorre quando “os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo”. O que foi possível pelo fato de a pesquisadora ter atuado como tutora presencial do público pesquisado.

Segundo Freitas e Prodanov (2013), toda pesquisa-ação é uma pesquisa participante. Contudo, nem toda pesquisa participante é uma pesquisa-ação. Visto que para a pesquisa-ação os investigadores da pesquisa “desempenham um papel ativo na solução dos problemas encontrados, no acompanhamento e na avaliação das ações desencadeadas em razão dos problemas” (*Ibid.*, p. 67).

A pesquisa foi dividida em cinco etapas:

- 1) Mapeamento do perfil e dificuldades acadêmicas do público-alvo por meio da aplicação de questionários semiestruturados;
- 2) Pesquisa bibliográfica a respeito da problemática levantada;
- 3) Construção de experimentos com base na programação curricular do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas e no levantamento das dificuldades de aprendizagem apontadas pelo mapeamento;
- 4) Desenvolvimento de oficina didática com aplicação dos experimentos confeccionados;
- 5) Produção de uma sequência didática a partir das considerações dos participantes a respeito das atividades aplicadas.

Para esta pesquisa não foi adotado o modelo de pré e pós-testes, devido à dificuldade de se aplicar questionários para os mesmos indivíduos em um período muito longo entre uma atividade e outra, pois, como já mencionado neste trabalho, o CEDERJ não faz uso de salas de aula com presença de professores e/ou turmas fixas, o que impossibilita também manter turmas de controle. A intenção em se aplicar os questionários foi definir o tipo de estratégia didática que se tomaria a partir do conhecimento das dificuldades de aprendizagem dos licenciandos. Assim como na construção de experimentos com caráter investigativo (AZEVEDO *et al.*, 2009) que

atendessem a essa problemática e os auxiliassem no desenvolvimento de uma aprendizagem significativa.

Ao ressaltarmos o caráter investigativo dos experimentos esperamos que a partir deles os participantes possam fazer uma associação a outros temas além dos conceitos científicos encontrados nas disciplinas estudadas, como a Física e a Biologia, por exemplo, por meio de questionamentos e discussões de hipóteses.

Para esta dissertação foi dada atenção ao polo regional Campo Grande, situado na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro e ao atendimento da tutoria presencial aos alunos dos cursos de Licenciatura em Física, Matemática e Ciências Biológicas durante as aulas da disciplina obrigatória Introdução às Ciências Físicas I (ICF I) sob a perspectiva da autora como tutora presencial.

A motivação por desenvolver atividades diferenciadas junto com os alunos se deu na descoberta da não obrigatoriedade de produção textual (TCC, monografia ou artigo científico) e na realização de atividades complementares (visitas a centros de ciências, institutos de pesquisa, participação em eventos, cursos e oficinas) como requisitos necessários para a conclusão do curso de Licenciatura em Física, o que contribui gravemente para uma “formação bancária” do ensino de Ciências Naturais que, infelizmente, se expressa por meio de usos quase universais em todos os sistemas educativos, por meio de ritos, mecanismos e macetes.

Por ser uma disciplina experimental, a preocupação se baseia na mudança da postura positivista e mecanicista que ainda vigora sobre as práticas laboratoriais, o que contribui para uma visão descontextualizada da Física com outras áreas de conhecimento, como a Biologia, por exemplo. Os estudantes do curso de Ciências Biológicas são os que mais demonstram dificuldades em relacionar o que aprendem na disciplina com o seu curso e isso se torna bastante preocupante, pois são eles os principais responsáveis por introduzir os conceitos de Física nas turmas do Ensino Fundamental. Logo, ao ouvir a inquietação de um grupo de alunas durante uma das sessões supervisionadas: *Onde vou usar isso na sala de aula?* A autora desta pesquisa, em sua posição como docente, se sentiu ainda mais estimulada a desenvolver atividades que colaborassem com a formação do sujeito educador desde a sua fase inicial.

Ao levar as inquietações e dificuldades dos alunos à coordenação de Física do polo regional em que atua, a sugeriram realizar uma palestra que abordasse de forma interdisciplinar conteúdos vistos na disciplina de ICF I que fossem além dos experimentos laboratoriais, contribuindo, portanto, com a pesquisa referente ao

desenvolvimento desta dissertação. A palestra se tornou o primeiro de diversos outros momentos em que se possibilitou a aplicação do Produto Educativo. Esses momentos desdobraram-se entre palestras e oficina, com práticas experimentais investigativas que permitiram a verificação da qualidade e da relevância do produto.

No **Quadro 3.1**, as práticas realizadas:

Quadro 3.1: Momentos de aplicação e verificação do Produto Educativo.

| Dia | Evento | Local | Atividade |
|------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 19/05/2018 | Dia do Físico | Fundação CECIERJ / Consórcio CEDERJ – Polo Campo Grande | Palestra: “O espectro de cores como meio de interação entre os seres vivos e seu habitat” |
| 17/10/2018 | II Semana da Ciência e Tecnologia | CIEP 117 Carlos Drummond de Andrade Intercultural Brasil – Estados Unidos | Palestra: “O espectro de cores como meio de interação entre os seres vivos e seu habitat” |
| 16/03/2019 | VIII Jornada da Biologia | Fundação CECIERJ / Consórcio CEDERJ – Polo Campo Grande | Oficina: “O espectro de cores como meio de interação entre os seres vivos e seu habitat” |

Fonte: Desenvolvido pela autora.

A palestra intitulada “O espectro de cores como meio de interação entre os seres vivos e seu habitat” procurou promover o discernimento entre o comportamento humano e animal diante da diversidade de cores como forma de manutenção e preservação da vida. Foram abordados tópicos como o estudo da luz ao longo do tempo, sua natureza e suas características (corpúscular e ondulatória); a anatomia do olho humano e como é realizada a visão das cores; conceitos sobre cones e bastonetes – células fotorreceptoras de luz presentes na região da retina – que, quando sensibilizadas, promovem a capacidade de distinguir as cores e sua luminosidade (LORETO; SARTORI, 2008). A palestra possibilitou a montagem de uma oficina com experimentos relacionados ao conceito de Óptica que foi apresentada na VIII Jornada da Biologia do Polo Campo Grande.

No espaço CEDERJ, a palestra foi direcionada aos alunos dos cursos de Licenciatura (Física, Matemática e Biologia), pelo motivo de relatarem a falta de contextualização entre os experimentos e a teoria estudada nas disciplinas de Física em seus cursos. Com a pouca participação em atividades complementares, principalmente no tema de física, e nos pouquíssimos horários destinados à tutoria presencial,

procurou-se, além dos eventos mencionados, aplicar questionários e experimentos referentes à pesquisa no final de cada aula de laboratório, proporcionando um aumento no quantitativo de participantes.

1º Momento: Dia do Físico – Fundação CECIERJ/ Consórcio CEDERJ



Figura 3.1: Palestra de Óptica na Fundação CECIERJ / Consorcio CEDERJ – Polo Campo Grande.

Fonte: Fotografia da autora.

2º Momento: II Semana da Ciência e Tecnologia – CIEP 117 Carlos Drummond de Andrade Intercultural Brasil – Estados Unidos



Figura 3.2: Palestra de Óptica no CIEP 117 Carlos Drummond de Andrade Intercultural Brasil – Estados Unidos

Fonte: Fotografia da autora.

3º Momento: VIII Jornada da Biologia – Fundação CECIERJ/ Consórcio CEDERJ

Oficina: Óptica (espectro de cores) – Fundação CECIERJ/ Consórcio CEDERJ



Figura 3.3: Oficina de Óptica (espectro de cores).

Fonte: Fotografia da autora.

3.1 O PRODUTO EDUCATIVO

Com o mapeamento feito por meio da aplicação dos questionários e a validação do Produto Educativo nos dois primeiros momentos, pôde-se desenvolver uma sequência didática no formato de uma oficina durante a VIII Jornada da Biologia, ocorrida no dia 16 de março de 2019. A oficina foi direcionada aos alunos e professores de cursos de Licenciatura em Ciências Naturais e abertas aos demais interessados.

Para a oficina foi aplicada uma sequência de atividades, constituída por exposição do tema, discussões sobre o assunto e aplicação de experimentos feitos com materiais alternativos, a fim de que o aluno pudesse, no final dela, ser capaz de relacionar conceitos de Física com a programação curricular apreendida em períodos anteriores, e que professores atuantes pudessem rever determinados assuntos e estratégias aplicadas em suas salas de aula.

O Produto Educativo apresenta uma sequência didática que contém orientações para os professores de Ciências a respeito da aprendizagem significativa, tendo como linha referencial a teoria de aprendizagem proposta por Ausubel (MOREIRA, 1999), em que se busca elucidar algumas questões a respeito do desenvolvimento da aprendizagem em sala de aula, assim como estratégias de ensino que possam articular com outras teorias da aprendizagem.

Os registros que constituem o Produto Educativo desta dissertação poderão ser consultados, após sua aprovação pela banca examinadora, em formato impresso, na biblioteca da instituição e em formato PDF, disponível para *download* na página do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências no sítio eletrônico do IFRJ – *campus Nilópolis*⁴.

3.2. OFICINA – O ESPECTRO DE CORES COMO MEIO DE INTERAÇÃO ENTRE OS SERES VIVOS E SEU HABITAT

A Oficina foi realizada no dia 16 de março de 2019, das 10h às 15h, com uma hora de intervalo para o almoço e consistiu em um debate sobre conceitos da natureza e das características ondulatória e corpuscular da Luz. Aplicaram-se experimentos que

⁴ Dissertações, Teses e Produtos Educacionais. Disponível em: <<https://portal.ifrj.edu.br/cursos-pos-graduacao/stricto-sensu/programa-mestrado-e-doutorado-profissional-ensino-ciencias>>. Acesso em Fev. 2020.

relacionassem ao espectro de luz visível com conceitos relacionados à Biofísica da visão. Os experimentos constituíram-se na caixa de cores (GREF, 1998), que possui como objetivo discutir a decomposição e sobreposição da Luz, no simulador de visão de cores (LORETO e SARTORI, 2008), que permitiram um aprofundamento em como se desenvolve o processo da captura e decodificação das cores luz pelos olhos e cérebro e no teste de hidróxido de amônio (GERTZ, 1938), que permite observar a ocorrência da reflexão de raios ultravioletas pelos vegetais. Tanto os experimentos, quanto os debates seguiram a metodologia abordada. Em alguns momentos a sequência de atividades experimentais foi adaptada para a metodologia POE - Previsão, Observação e Explicação (WHITE e GUNSTONE, 1992) com o intuito de oferecer uma maior participação dos estudantes nesses momentos. Vale ressaltar que seu funcionamento, estrutura e etapas são explicados no capítulo referente à oficina.

Sequência didática referente à Oficina de Óptica



Figura 3.4: Experimentos de a) Caixa de cores; b) Simulador de visão de cores; c) Teste de hidróxido de amônia.

Fonte: Fotografia da autora..

Quadro 3.2: Materiais utilizados para a construção de experimentos da oficina de óptica.

| EXPERIMENTOS | MATERIAIS UTILIZADOS |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Caixa de Cores | Caixa MDF retangular; Três lâmpadas pequenas (E27) nas cores: vermelha, verde e azul. Três interruptores simples Fios de conexão elétrica. |
| Simulador de Visão de Cores | Bola oca de isopor; Tampa de plástico; Três caixas de fósforos; |

| | |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>Filtros coloridos (tipo gelatina) nas cores: vermelho, verde e azul;</p> <p>LDR de 1,0 cm;</p> <p>Resistor de 1/8 W com resistência entre 180 e 270 Ω</p> <p>Fios de conexão elétrica;</p> <p>Três LED de alto brilho nas cores: vermelho, verde e azul;</p> <p>Conector para LED;</p> <p>Suporte para duas pilhas AA;</p> <p>Um botão chave Gangorra com dois terminais;</p> <p>Tinta guache preta.</p> |
| <p>Teste de Hidróxido de Amônio</p> | <p>Amostras florais;</p> <p>Recipiente de plástico;</p> <p>Papel toalha;</p> <p>Algodão;</p> <p>Hidróxido de amônio.</p> |

Fonte: Informações extraídas de (GREF, 1998) e (LORETO e SARTORI, 2008).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa-ação do ponto de vista científico “oferece subsídios para organizar a pesquisa de forma convencional, no nível da observação, do processamento de dados, da experimentação etc., tendo importante papel a desempenhar” (FREITAS e PRODANOV, 2013, p. 67). Nesta perspectiva, é ideal que se busquem por ações investigativas, uma vez que a SEI inicia-se, na maioria das vezes, por um problema experimental ou teórico contextualizado que introduz aos alunos o tópico desejado e oferece condições para que pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático (ZABALA, 2010).

A oficina foi realizada no Polo Campo Grande da Fundação CECIERJ/ Consórcio CEDERJ, zona oeste do Rio de Janeiro – RJ, no dia 16 de março de 2019, com alunos dos cursos de Licenciatura da modalidade EAD que cursavam a disciplina de Introdução às Ciências Físicas I no referido semestre. Tendo um total de 47 participantes.

Preferiu-se aplicar o questionário antes do estudo sobre o tema. Logo, nas primeiras aulas do semestre. Pois, após a Primeira Avaliação Presencial (AP 1) é comumente observada uma alta evasão entre os licenciandos.

O mapeamento dos questionários será apresentado em forma de gráficos de barras com valores que variam entre representações numéricas e estatísticas a depender do objetivo de cada pergunta.

A aplicação dos questionários foi feita entre os intervalos de uma aula para outra. Com tempo aproximado de 15 minutos para resolução das perguntas. Foi dada de forma anônima e voluntária. Por esse motivo as respostas dos estudantes serão representadas por Aluno 1 – A1, Aluno 2 – A2, Aluno 3 – A3 etc. Com o intuito de identificar as concepções alternativas dos indivíduos para cada fenômeno pesquisado. Para as afirmações que se apresentarem próximas daquelas consideradas cientificamente aceitas ou comumente encontradas nos livros didáticos, representaremos como sendo “Resposta Padrão”. De forma a diferenciar das outras frases coletadas. Para isso, usaremos como referência materiais didáticos voltados para os cursos de nível superior que tratam a respeito do tema de Óptica.

Este capítulo encerra-se com articulações teóricas a respeito da metodologia adotada, buscando relacionar com estratégias em sala de aula que melhor possam contribuir para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa.

4.1 CONHECENDO OS PARTICIPANTES DA PESQUISA

O público participante foi constituído por 47 alunos, 10 deles se identificando como sendo do gênero feminino e 37 como sendo do gênero masculino. Entre os quais havia quatro estudantes do curso de Licenciatura em Matemática, 32 do curso de Licenciatura em Física, seis do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas e cinco não identificados.

A faixa etária dos discentes do CEDERJ difere daquela dos alunos proveniente de cursos presenciais. A justificativa, segundo Godoi e Oliveira (2016), está no fato de este grupo ser formado predominantemente por adultos que trabalham e precisam conciliar os estudos com seus compromissos pessoais e profissionais. No **Gráfico 4.1**, podemos observar que a faixa etária está concentrada entre 22 e 40 anos. Percebe-se que o público da Física, além de mais jovem, é composto pelo maior contingente de participantes. Isso se deve ao fato da disciplina de ICF I ser a primeira disciplina

específica do curso e que é obrigatória aos ingressantes, enquanto, os discentes das Ciências Biológicas e Matemática estão presentes na faixa acima dos 22 anos.

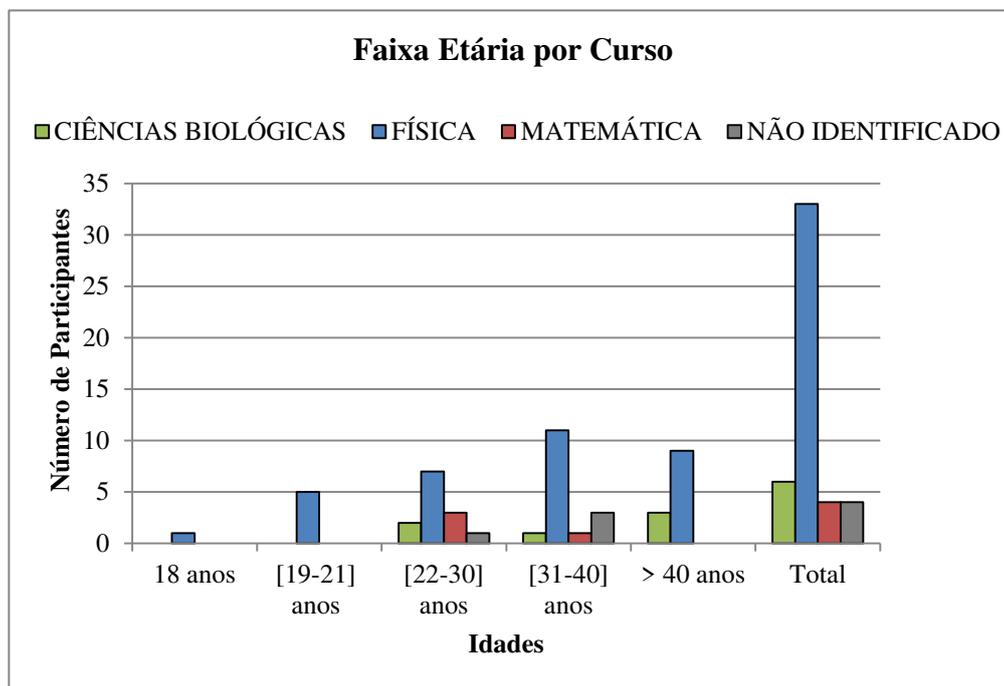


Gráfico 4.1: Referente à faixa etária dos participantes da pesquisa dividida por curso.

Fonte: Dados da Pesquisa

Destacamos que a maioria dos indivíduos do curso de Ciências Biológicas que participaram da pesquisa, sobretudo os que se encontram na faixa acima dos 40 anos, é de mulheres.

Ao pesquisarmos o quantitativo de matrículas ativas no SISTACAD do CEDERJ (Fundação CECIERJ/Consórcio CEDERJ, 2020) para o semestre 2019.1, verificamos o registro de 35% de mulheres e 65% de homens para os inscritos na disciplina de ICF I do Polo Campo Grande. Com destaque de 81% de mulheres provenientes do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Como mostra o **Gráfico 4.2**.

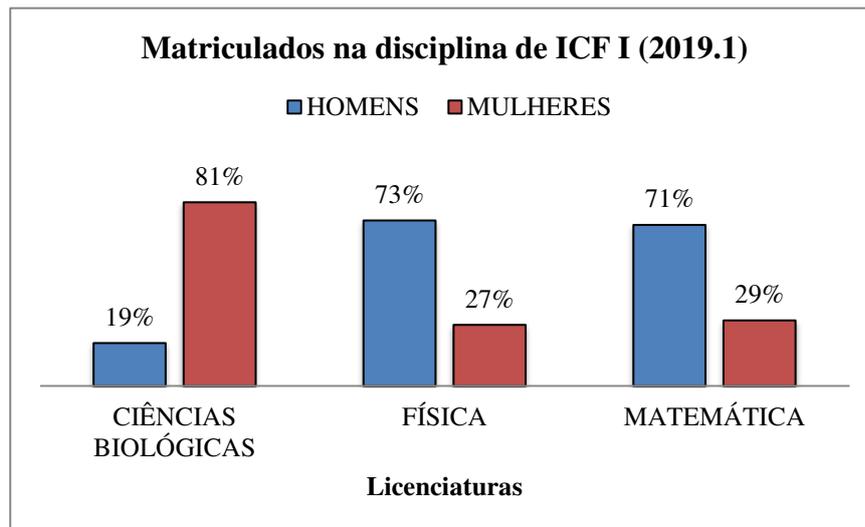


Gráfico 4.2: Referente ao número de alunos matriculados na disciplina de ICF I (2019.1).

Fonte: Dados da Pesquisa

Os valores foram analisados a partir da quantidade de alunos inscritos: 20 alunos para Licenciatura em Ciências Biológicas, 88 alunos para Licenciatura em Física e 24 alunos para Licenciatura em Matemática.

A discrepância entre o número de matriculados por curso refere-se ao fato de que a disciplina é oferecida em períodos diferentes para as três licenciaturas, enquanto que, para a Física, todos os ingressantes são automaticamente inscritos na disciplina pelo SISTACAD. Para os cursos de Matemática e Ciências Biológicas, embora não exijam pré-requisitos, sua oferta se dá somente a partir dos 5º e 6º períodos, respectivamente. O que pode contribuir para a redução de inscritos.

Ressaltamos que os valores apresentados se referem apenas ao quantitativo de inscritos na disciplina de ICF I, constituídos por ingressantes e retidos de períodos anteriores, não representando, portanto, o somatório total de alunos de cada Licenciatura.

No gráfico 8.3, quando perguntados se já haviam cursado a disciplina anteriormente, verificamos que a maioria se encontrava inscrita pela primeira vez. Dos alunos retidos, quatro pertenciam ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas e seis à Licenciatura em Física, todos maiores de 30 anos. Para Godoi e Oliveira (2016, p. 83), a idade pode estar relacionada com o desempenho acadêmico do estudante, visto que o fato de “serem mais velhos, casados e com filhos acaba indicando a existência de várias responsabilidades profissionais e familiares além dos estudos”, o que faz com que a falta de tempo atrapalhe seu desempenho acadêmico.

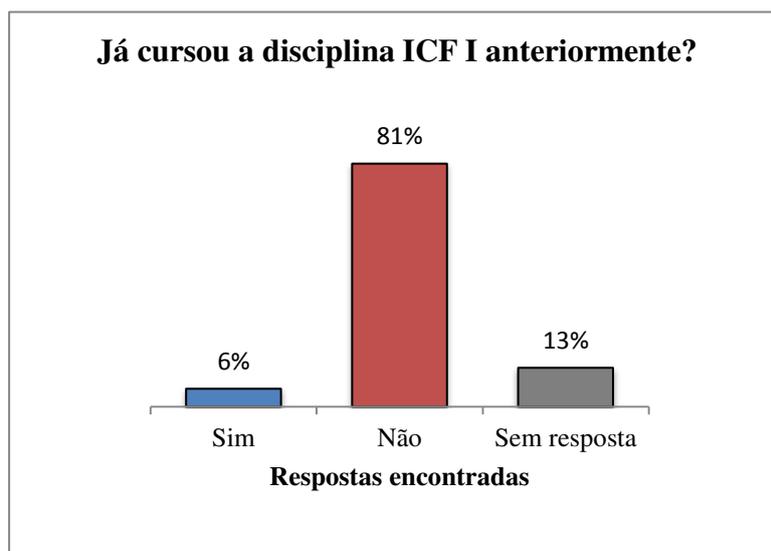


Gráfico 4.3: Referente ao número de alunos retidos na disciplina de ICF I (2019.1).

Fonte: Dados da Pesquisa

Para ensino a distância o estilo de aprendizagem varia. Godoi e Oliveira (2016) afirmam que além das características do perfil dos estudantes, o método de ensino aplicado a esse público também está relacionado às taxas de evasão. Por ser um público adulto, as necessidades acadêmicas se tornam diferentes de um público mais jovem encontrado em turmas da Educação Básica, por exemplo. As metodologias citadas pelos autores abordam a inter-relação e complementaridade entre a Andragogia e a Heutagogia. Em que a primeira está relacionada à capacidade do aluno adulto decidir por quais métodos e recursos utilizar para ocorrer sua aprendizagem. Mesmo sendo ainda o professor quem decide por quais tópicos o aluno deve estudar. Enquanto, a Heutagogia relaciona-se com a autogestão da aprendizagem, na qual o aluno é responsável pelos conteúdos e processos de aprendizagem. Cabendo ao professor apenas guiá-lo como um “facilitador” por meio de situações-problema. No CEDERJ conseguimos observar um pouco dessa inter-relação. Que por vezes acabam se confundindo. Por um lado a ausência de aulas teóricas e falta de incentivo quanto a produção de um produto acadêmico faz com que o aluno limite-se apenas aos conteúdos da disciplina, mesmo que busque por si próprio por outras ferramentas de estudos, sua preocupação se encontra apenas no entendimento da aplicação de fórmulas sem que haja interesse pela contextualização dos assuntos estudados. Por outro lado, o estímulo constante pela procura de materiais complementares potencializa sua capacidade para a autogestão da aprendizagem.

Conhecer o perfil do aluno permite que o professor busque por novas metodologias que possam atender às necessidades e capacidades desse público. Podendo assim alcançar uma aprendizagem mais significativa.

4.2 MAPEAMENTO DAS DIFICULDADES ACADÊMICAS DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA SOBRE TÓPICOS DE ÓPTICA

As perguntas relacionadas ao tema de Óptica foram aplicadas no início do semestre letivo, logo após a primeira prática de laboratório. A ideia de se confeccionar o questionário partiu da verificação de erros comuns cometidos pelos alunos na primeira Avaliação a Distância (AD 1) e que se repetiam de um semestre para outro. Segundo o guia da disciplina de ICF I (FUNDAÇÃO CECIERJ/ Consórcio CEDERJ, 2019), as avaliações a distância servem para ajudar os alunos na leitura das aulas, dar um ritmo adequado à disciplina e destacar os principais conceitos dos tópicos abordados. Sua nota corresponde a 20% da nota total do semestre e apresenta conteúdos relacionados diretamente com o que foi proposto para as práticas de laboratório.

Normalmente, a AD 1 vem composta por três questões dissertativas. Na qual, a primeira é subdividida em tópicos em ordem alfabética e as duas últimas compostas por perguntas teóricas que podem ser estudadas a partir de exercícios semelhantes disponíveis no livro-texto da disciplina (ALMEIDA, 2013) ou em livros didáticos de nível médio, recomendados pela coordenação de disciplina de ICF I.

Embora a avaliação possa ser feita com a parceria de outros colegas ou ter dúvidas conferidas pelos tutores antes de sua entrega muitos alunos deixam de realizar a atividade. Por achar extensa demais ou por apresentar conteúdos que não foram discutidos em aula com o tutor. Essa atitude apenas reforça sobre a importância de discussões contextuais relacionadas às práticas de laboratório durante as aulas.

Diante da repetição dos erros conceituais encontrados nas avaliações dos alunos, pretendemos formular um questionário sobre os temas abordados nessas avaliações. Com o intuito de analisar e discutir sobre as concepções alternativas levantadas. Vale destacar que o conceito de concepções alternativas, segundo (ALMEIDA, CRUZ e SOAVES, 2007, p. 7), refere-se a:

[...] modelos, construtos, significados contextualmente errôneos, ou seja, não compartilhados pela comunidade científica. Podem ser encontradas tanto em estudantes dos níveis escolares fundamental e médio como em alunos de graduação. Tais concepções são, normalmente, construídas pelo sujeito em sua interação com o mundo físico, isto é, para dar sentido a eventos do mundo em que vive. Mas é possível também que tais concepções sejam reforçadas ou construídas em sala de aula, por exemplo, pelo uso de metáforas inadequadas ou pouco esclarecidas. Nesse sentido, o surgimento de uma concepção alternativa pode ocorrer devido à falta de compreensão do estudante sobre o conteúdo apresentado (ALMEIDA, CRUZ e SOARES, 2007, p. 7).

A partir dessas considerações, pretendemos analisar e discutir as principais concepções alternativas referentes aos conceitos de Óptica, levantadas por meio de um questionário semiestruturado aplicado para alunos dos cursos de Licenciatura da Fundação CECIERJ/ Consórcio CEDERJ, polo Campo Grande. Além do livro-texto utilizado na disciplina de ICF I também foram consultados materiais didáticos de Ensino Superior, com o intuito de apresentar, resumidamente, as concepções cientificamente aceitas para cada tópico abordado.

Ao considerar que alguns materiais voltados para o estudo de Física de nível superior utilizam ferramentas matemáticas mais avançadas como cálculo vetorial e equações diferenciais, por exemplo, que boa parte dos alunos dos primeiros semestres não dispõe. Procuramos adotar livros mais contextuais que pudessem contribuir de forma mais significativa para sua compreensão.

A primeira pergunta teve como intuito conhecer as concepções alternativas dos estudantes sobre o conceito de Luz, visto ser o tema estudado antes da primeira avaliação presencial. No **Gráfico 4.4** podemos verificar as respostas encontradas.

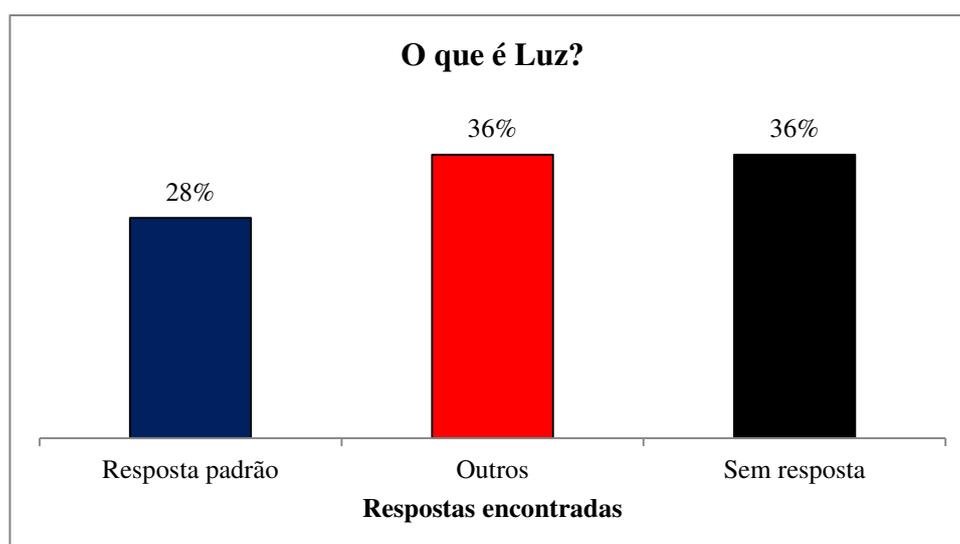


Gráfico 4.4: Referente à primeira questão de tópicos de Óptica.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Ao verificarmos as “Respostas padrão” encontramos frases como: “É uma onda eletromagnética” (A13); “Interação entre os campos elétrico e magnético” (A14). Algumas se expressaram de forma mais ampla: “onda eletromagnética que se propaga independente de meio material e possui característica de partícula também” (A15). Embora não constituam o maior percentual da questão, elas apresentam-se de acordo com os conceitos normalmente encontrados nos livros didáticos, assim como abordam Halliday, Resnick e Walker (2012, p. 1):

[...] um raio luminoso nada mais é que a propagação no espaço de campos elétricos e magnéticos (ou seja, é uma **onda eletromagnética**) e que, portanto, a ótica, o estudo da luz visível, é um ramo do eletromagnetismo (Halliday, Resnick e Walker, 2012, p. 1, grifo dos autores).

Como abordam (ALMEIDA, CRUZ E SOAVES, 2007), o estudo partiu das equações de Maxwell, que deduziu a equação da onda, satisfeita pelos campos elétrico e magnético, com velocidade de propagação da luz. Segundo Hewitt (2015, p. 480),

Maxwell enxergou a ligação entre as ondas eletromagnéticas e a luz. Se cargas elétricas são postas em vibração em uma faixa de frequências que casa com a de frequências da luz, as ondas produzidas são luz! Maxwell descobriu que a luz é simplesmente formada por ondas eletromagnéticas em uma faixa de frequências às quais o olho humano é sensível (Hewitt, 2015, p. 480).

Alguns materiais de nível básico também apresentam definições mais completas. O que pode beneficiar o professor deste nível de ensino. O material produzido pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF, 1998) é um bom recurso didático que pode auxiliar na introdução de determinados temas de forma mais contextual. No seu segundo volume podemos encontrar:

Na interação com a matéria, as radiações eletromagnéticas podem ser absorvidas, refletidas, refratadas, difratadas ou ainda serem polarizadas. Além disso, elas também podem sofrer interferência. É por isso que Maxwell acreditava que as radiações eletromagnéticas podem ser entendidas como um tipo de onda: as ondas eletromagnéticas (GREF, 1998, p. 143).

É preciso ressaltar que os conceitos relacionados à pesquisa se desdobram ora em Óptica Geométrica, ora em Óptica Física. A primeira preocupa-se em estudar a propagação dos raios luminosos em meios homogêneos e não homogêneos, tendo a Geometria como base para seu estudo e sendo abordada na disciplina de ICF I, enquanto a segunda preocupa-se em estudar fenômenos ondulatórios, como interferência, polarização e difração, por exemplo. Conceitos que no curso de Licenciatura em Física são encontrados em disciplinas mais avançadas, como a Física IV A, ofertada no 6º período do curso, mas que também podem ser encontrados no currículo da Educação Básica.

Quando verificamos as respostas contidas em “outros”, encontramos que a Luz é “uma energia” (A16), “propagação de energia em forma luminosa” (A17) e “Raios luminosos emitidos a partir de uma fonte” (A18) ou ainda “agente físico que sensibiliza nossos olhos” (A19). Estas afirmações se aproximam dos conceitos que o livro-texto da disciplina de ICF I aborda. Segundo Almeida (2013, p. 8), o estudo da luz é apresentado como “um tema amplo. Compreende a existência de uma fonte luminosa, um mecanismo de propagação desta luz e a sua percepção”. A autora também acrescenta informações a respeito da interação dos seres vivos por meio dos sentidos ou de outros instrumentos que possam ampliar a visão. É importante ressaltar que o livro explicita que o processo de visão é abordado “superficialmente”, apenas a respeito do olho humano como um sistema óptico (*ibid.*, 2013).

A autora expressa claramente seu propósito, afirmando se tratar de um material auxiliar na compreensão do modelo da Óptica Geométrica, como a formação de imagens e o funcionamento de instrumentos ópticos simples como prismas, espelhos e lentes, por exemplo. O livro-texto traz apenas considerações a respeito da propagação da luz e os fenômenos causados pela sua trajetória, sem abordar, contudo, sua natureza, explicitando ainda que, para estudos mais avançados, é preciso se apropriar de outras. Visto que materiais de nível básico não contemplam temas mais aprofundados como abordam Souza *et al.* (2015, p. 1):

Apesar da natureza da luz ser discutida na maioria dos livros didáticos de física do ensino médio, principalmente no que refere à dualidade onda-partícula, este não é um tema de destaque quando o assunto é o ensino de óptica neste segmento. Em sua maioria, as atividades se concentram na óptica geométrica, um modelo de sucesso para explicar fenômenos ópticos como reflexão, refração da luz e formação de imagens em espelhos e lentes (SOUZA *et al.*, 2015, p. 1).

Em geral, o ensino de Óptica no nível médio está concentrado na Óptica Geométrica, que, embora traga discussões a respeito do estudo de fenômenos ópticos como reflexão e refração da luz, por exemplo, não aborda satisfatoriamente a discussão sobre sua natureza ondulatória (SOUZA *et al.*, 2015).

Nesse sentido não é difícil compreender por que a maior parte dos dados dividiu-se em “sem respostas” ou em afirmações que se limitaram ao que foi apresentado durante as primeiras práticas de laboratório. Algumas respostas apresentaram-se muito vagas ou com conceitos incorretos: “Luz é o comprimento de onda” (A20) e “É algo que se propaga no espaço” (A21). A primeira apenas cita uma das características da Luz e não sua natureza propriamente dita, enquanto a segunda parece caracterizar sua

complementação, visto que a luz possui movimento ondulatório, indicando um espaçamento de uma crista a outra, denominado comprimento de onda.

O objetivo da primeira pergunta procurava compreender a definição que o estudante de Licenciatura possuía em relação ao estudo da luz, visto que a maioria dos estudantes, principalmente, provenientes de escolas públicas, normalmente, não apresenta muito contato com tópicos relacionados à Óptica. Devido ao currículo fragmentado ainda muito trabalhado nessa esfera de ensino (SOUZA *et al.*, 2015). Outros motivos que possam levar o aluno a apresentar dificuldades sobre determinados conceitos de Física está na ausência de recursos didáticos como materiais experimentais ou espaços apropriados para realizá-los. O que pode ter um grande impacto no seu processo de aprendizagem. Assim como abordam (SOUZA *et al.*, 2015, p. 2):

Sem o experimento apropriadamente mediado pelo professor, ensinar que a luz é um feixe de raios paralelos ou uma onda que se propaga no espaço pode ser indiferente para o aluno, pois não há o que ele possa observar para iniciar uma discussão em torno do novo conhecimento apresentado. Neste sentido, ele simplesmente pode acreditar sem questionar o que lhe foi exposto, construindo **imagens muito pictóricas sobre a luz** (SOUZA *et al.*, 2015, p. 2, grifo do autor).

Embora tenhamos a BNCC como um documento curricular de caráter nacional, cabe a cada sistema de ensino regional estabelecer estratégias que possam atender à relevância local e à possibilidade dos sistemas de ensino (BRASIL, 2018). No Rio de Janeiro, as escolas públicas de Ensino Médio ainda não possuem uma orientação curricular própria, assim como acontece com as escolas de nível fundamental. Por este motivo, embora tenha deixado de ser obrigatório nas escolas públicas de nível médio, ainda é possível encontrar professores que fazem uso do Currículo Mínimo (RIO DE JANEIRO, 2012) como principal material de estudos. Principalmente, por aqueles que integram o quadro de docentes na categoria de Gratificação por Lotação Prioritária (GLP), na qual se permite que um professor de uma área correlata possa lecionar determinada disciplina com o intuito de suprir a carência em sala de aula nas unidades escolares da rede pública de ensino (RIO DE JANEIRO, 2001).

Vale ressaltar que o programa curricular proposto não atende satisfatoriamente às necessidades educacionais do público, por apresentar significativas reduções em suas componentes, resultadas de retalhos de saberes desconectados entre si, que não transmitem nem cultivam a essência básica de cada área. Segundo o currículo mínimo (RIO DE JANEIRO, 2012), os conteúdos relacionados ao estudo da Óptica estão

compreendidos no terceiro e quarto bimestres do terceiro ano do Ensino Médio. No entanto, sua abordagem não é vista com muita importância:

A Óptica Geométrica também **não** é fundamental para a compreensão dos fenômenos ondulatórios. Entender o espectro luminoso em detalhes e as diferentes aplicações que cada faixa do espectro tem ajuda a compreender os processos de comunicação atuais; por isso propomos maior ênfase nele (RIO DE JANEIRO, 2012, p. 3, grifo nosso).

Isto reforça nossa preocupação quanto ao estudo de tais temas, visto que boa porcentagem do quadro de professores que lecionam nos Anos Finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio não é formada na área, assim como apontam os dados do Censo Escolar da Educação Básica 2019 (BRASIL, 2020), representados na **Tabela 4.1**:

Tabela 4.1: Percentual de disciplinas ministradas por professores com formação superior de licenciatura na mesma área por região, segundo a etapa de ensino – 2019.

| ETAPA DE ENSINO | REGIÃO | | | | | |
|--------------------|--------|-------|----------|---------|-------|--------------|
| | Total | Norte | Nordeste | Sudeste | Sul | Centro-Oeste |
| Ensino Fundamental | 60,2% | 55,3% | 44,7% | 70,5% | 71,4% | 63,7% |
| Anos Iniciais | 66,1% | 67,7% | 52,7% | 71,7% | 74,5% | 74,4% |
| Anos Finais | 53,2% | 42,9% | 36,0% | 68,9% | 67,6% | 50,2% |
| Ensino Médio | 63,3% | 64,7% | 53,9% | 69,1% | 70,6% | 50,7% |

Fonte: Dados extraídos do Censo da Educação Básica 2019 (BRASIL, 2020, p. 23).

Demonstra-se um déficit de especialistas nestas etapas de ensino. Por mais que seja formado em áreas correlatas, o profissional que atua em uma disciplina na qual não foi formado pode causar um impacto na qualidade das aulas, visto que o conhecimento a ser trabalhado pode vir a ser apresentado sem a sua devida profundidade.

Vale ressaltar que o estudo da luz como um ramo do eletromagnetismo pode permitir ao professor de ciências que adote atividades mais contextuais que auxiliem seus alunos na compreensão de diversos eventos da história da humanidade. Como, por exemplo, o surgimento de motores, geradores e transformadores que ocorreu no século XIX (HEWITT, 2015) e que se estende até os dias de hoje em meio a tantos recursos tecnológicos como televisão, telefonia e internet, nos quais estamos imersos em ondas eletromagnéticas (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012). Esse contexto pode ser encontrado nas habilidades e competências no ensino de ciências da Educação Básica ao que se refere ao tema de Matéria e Energia da Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018, p. 325), em que:

[...] contempla o estudo de materiais e suas transformações, fontes e tipos de energia utilizados na vida em geral, na perspectiva de construir conhecimento sobre a natureza da matéria e os diferentes usos da energia (BRASIL, 2018, p. 325).

Segundo o documento, ainda nos anos iniciais do Ensino Fundamental,

[...] as crianças já se envolvem com uma série de objetos, materiais e fenômenos em sua vivência diária e na relação com o entorno. Tais experiências são o ponto de partida para possibilitar a construção das primeiras noções sobre os materiais, seus usos e suas propriedades, bem como sobre suas interações com luz, som, calor, eletricidade e umidade, entre outros elementos (BRASIL, 2018, p. 325).

Que, por sua vez, nos anos finais, possibilita aos jovens explorar os fenômenos relacionados aos materiais e à energia por meio de modelos explicativos que fundamentam o conhecimento científico (BRASIL, 2018).

No **Gráfico 4.5** estão representados os conhecimentos prévios relacionados à propagação da luz a partir do fenômeno da reflexão.

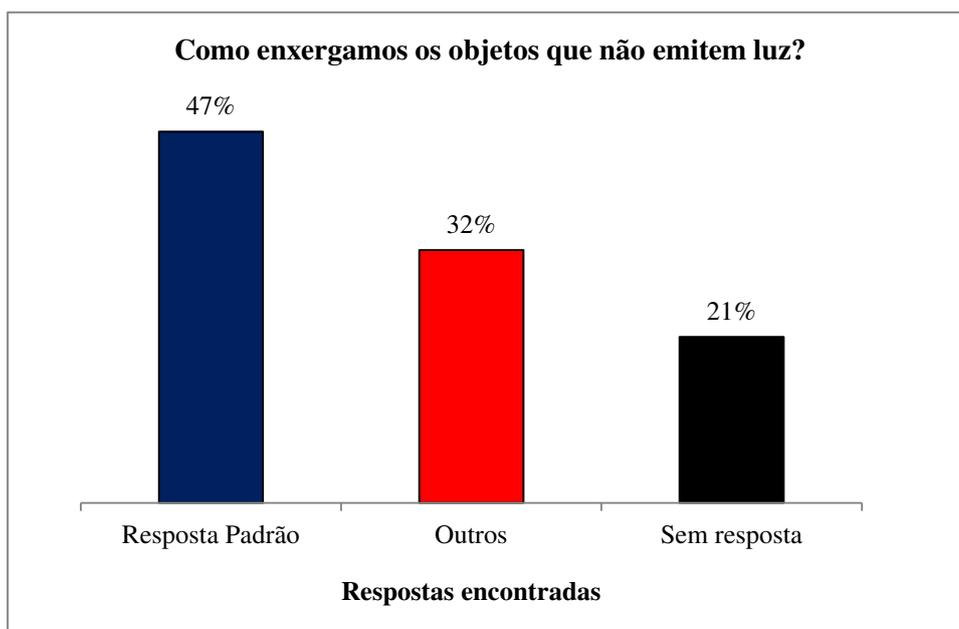


Gráfico 4.5: Referente à segunda questão de tópicos de Óptica.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Boa parte das respostas concentrou-se em “Resposta Padrão”, apresentando-se como: “Pela reflexão da luz” (A22), “Apenas se outra fonte luminosa iluminá-los” (A23) e “A luz incide sobre esses objetos que refletem a luz até nossos olhos” (A24). Vale lembrar que a categoria “Resposta padrão” refere-se às afirmações que se repetem em maior quantidade entre as respostas coletadas. E que se assemelham daquelas

comumente encontradas nos livros didáticos como destaca o próprio livro-texto da disciplina de ICF I:

Uma parte da luz que chega a cada objeto volta a se propagar no ambiente, ou seja, surgem novos raios luminosos com origem nos objetos – por isso podemos vê-los! Portanto, além das **FONTES** de luz (ou **objetos luminosos**), que emitem luz própria, podemos ver também objetos que não produzem luz própria, chamados **OBJETOS ILUMINADOS**. [...] Da superfície surgem novos raios luminosos – dizemos que a luz se refletiu na superfície ou sofreu reflexão (ALMEIDA, 2013, p. 40, grifo do autor).

O objetivo dessa pergunta estava em verificar como os alunos compreendiam o fenômeno da reflexão. Visto que muitos demonstram uma visão rasa sobre o conceito, alegando que vemos por meio da reflexão especular apenas. Essa concepção é muito comum, pois muitos materiais didáticos carregam informações superficiais sobre o assunto. Como destacam (ALMEIDA, CRUZ e SOAVES, 2007, p. 13):

[...] Os alunos consideram que a luz pode ser observada sem que esteja incidindo nos olhos do observador. Não consideram que a luz é refletida em várias direções por partículas suspensas no ar. Provavelmente, tal concepção surja de forma natural no cotidiano, quando a experiência diária não oferece a propagação no espaço livre. [...] Se essa dificuldade não for identificada pelo professor durante as aulas ou na avaliação do desempenho do estudante, pode se tornar um verdadeiro obstáculo pedagógico no futuro (ALMEIDA, CRUZ e SOAVES, 2007, p. 13).

É possível observar que os alunos dificilmente relacionam a interação entre a luz e os objetos, quando a palavra reflexão não aparece explicitada. A contar também que boa parte do estudo da formação de imagens é dada com maior atenção aos espelhos planos e curvos. Dando, portanto, a ideia de ser a única forma de reflexão possível. Vale ressaltar que a reflexão difusa se diferencia da especular devido às diferentes direções que seus raios luminosos tomam ao atingirem uma superfície irregular. Não sendo possível a formação de uma imagem especular. Contudo, suas direções aleatórias permitem que enxerguemos objetos e o ambiente ao nosso redor. Independente de nossa posição.

A melhor forma de abordar conceitos como reflexão está na exemplificação do fenômeno por meio de situações do dia a dia. Como abordam TIPLER e MOSCA (2009, p. 364),

A reflexão difusa a partir da superfície de uma estrada permite que você enxergue quando está dirigindo à noite porque parte da luz dos faróis reflete de volta até você. Em tempo úmido a reflexão é, geralmente, especular; assim, pouca luz reflete de volta até você, dificultando a visualização da estrada (TIPLER e MOSCA, 2009, p. 364).

Além das respostas padrão, também se destacaram as afirmativas contidas em “Outros”. As respostas encontradas para essa categoria foram muito interessantes, pois, embora o tema tratado se referisse à luminosidade, boa parte dos estudantes entendeu que seria sobre “como” os objetos aparecem na ausência de luz e não “como” conseguimos enxergá-los, tendo como respostas: “Na cor preta” (A25); “Escuro” (A26); “Como objetos opacos, sem cor brilhosa, apenas o tom fosco” (A27); ou, simplesmente, “Não enxergamos” (A28).

Verificamos que a maior parte dessas respostas foi citada por estudantes do curso de Licenciatura em Física. Como a disciplina de ICF I é a primeira a ser oferecida e possui como objetivo “discutir com maior profundidade o conteúdo de Física abordado no ensino médio” (ALMEIDA, 2013, p. 7), percebe-se que a abordagem trabalhada no nível acadêmico anterior provavelmente não tenha sido plenamente satisfatória.

No **Gráfico 4.6** partimos para a discussão sobre a formação do arco-íris.

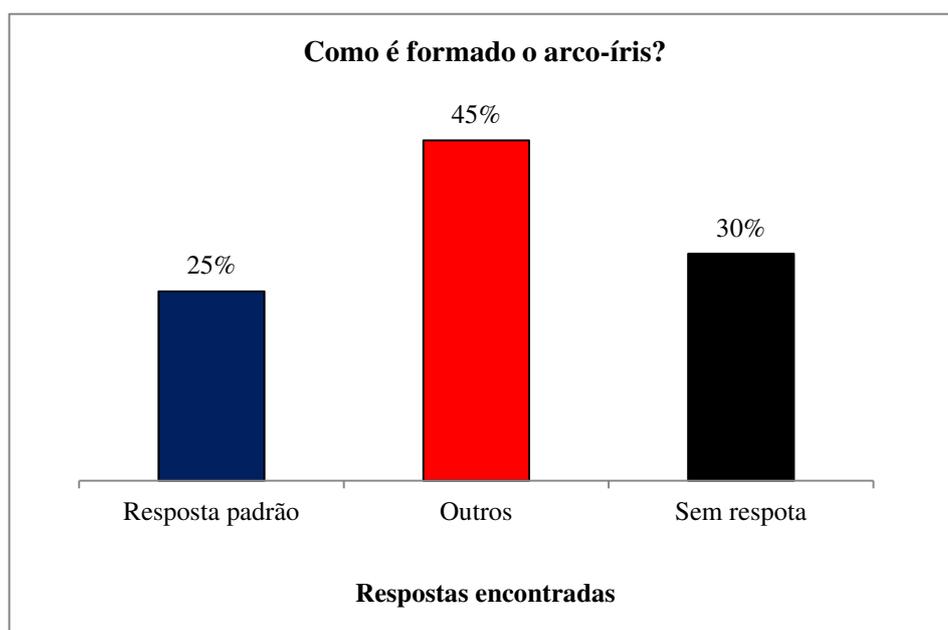


Gráfico 4.6: Referente à terceira questão de tópicos de Óptica.

Fonte: Dados da pesquisa.

Essa pergunta partiu das dificuldades demonstradas pelos alunos durante a entrega da primeira Avaliação a Distância (AD 1). Em que havia uma questão a respeito do fenômeno do arco-íris. Na qual se pedia para representar graficamente a trajetória dos raios violeta e vermelho nos círculos desenhados na página da avaliação. Além de calcular os ângulos e índices de reflexão e refração o estudante também precisava

explicar porque as cores após serem refratadas de volta para o meio externo atingiam o olho do observador em diferentes posições.

O objetivo da avaliação era saber se o aluno conseguiria aplicar os conhecimentos apreendidos durante as aulas de laboratório em relação a propagação dos raios luminosos entre meios não homogêneos. Ao verificarmos as correções observamos em sua maioria que a resolução dos cálculos se encontrava correta. No entanto, sua representação gráfica e explicação, não. O que pode representar alguma dificuldade quanto a compreensão dos conceitos abordados durante a prática.

No gráfico 8.6, a categoria “Resposta Padrão” segue abaixo de “outros”. Entre suas respostas, podemos destacar: “Por meio da decomposição dos raios luminosos do Sol (luz branca) a partir das gotículas de chuva ou umidade do ar” (A29); “Pela decomposição das cores nas gotículas de água, ocasionada pela luz solar” (A30).

Quando consultamos o livro-texto da disciplina, verificamos que o fenômeno do arco-íris é citado brevemente, sem muitos detalhes:

A luz branca parece ser a mais simples, mas é, pelo contrário, formada por luzes de várias cores combinadas. Ao passar pelo prisma de vidro, a pequena diferença no índice de refração de cada cor faz com que cada raio se desvie em ângulos diferentes. Ao violeta corresponde o maior desvio e, portanto, o maior índice de refração. O menor desvio ocorre para o vermelho. [...] A dependência entre índice de refração e cor é denominada dispersão; esse fenômeno é responsável, também, pela formação do arco-íris (ALMEIDA, 2013, p. 51).

Nota-se que Almeida (2013) trata o assunto, relacionando-o com a atividade realizada no laboratório. Contudo, não promove qualquer tipo de discussão sobre o fenômeno natural. Para que o aluno pudesse compreender seu contexto deveria consultar outros materiais. A explicação quanto a formação do arco-íris pode ser encontrada em livros didáticos de nível superior assim como abordam (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012, p. 20):

A manifestação mais poética da dispersão cromática é o arco-íris. Quando a luz solar, que contém raios de muitos comprimentos de onda, é interceptada por uma gota de chuva, parte da luz é refratada para o interior da gota, refletida na superfície interna e refratada para o exterior (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012, p. 20).

Quanto a pergunta relacionada a avaliação a distância referente às diferentes posições dos raios ao atingirem o olho do observador também podemos encontrar mais detalhes em outras fontes como no livro de Hewitt (2015, p. 529):

Como as diferentes frequências da luz se propagam com diferentes valores de velocidade em materiais transparentes, elas se refratam em diferentes graus. [...] Embora cada gota disperse o espectro inteiro de cores, um observador qualquer está em condições de ver a luz concentrada vinda de uma determinada gota com uma cor apenas. Se a luz violeta de uma única gota chega ao olho de um determinado observador, a luz vermelha vinda da mesma gota incide em algum lugar em direção aos pés. Para ver a luz vermelha, a pessoa deve olhar para uma gota que esteja mais elevada no céu. A luz vermelha será vista quando o ângulo formado entre um feixe de luz solar e a luz vinda do fundo da gota for igual a 42° . A cor violeta será vista quando o ângulo formado entre os subfeixes e a luz desviada for 40° (HEWITT, 2015, p. 529).

Para as respostas encontradas em “outros”, temos: “O arco-íris é formado pela difração da luz em um prisma, que divide a luz em sete tons” (A31); “Seria a reflexão da luz branca em um prisma” (A32) e “Efeito similar do prisma de divisão do espectro de luz” (A33). Percebe-se que as afirmações limitaram-se apenas ao que foi observado na experiência de laboratório, sem ao menos explorar, por exemplo, o ambiente em que o fenômeno ocorre. Podemos chamar atenção à resposta do aluno (A31) ao relacionar o conceito de difração à decomposição das cores. É muito comum nos materiais didáticos, principalmente, os de nível médio relacionarem esse fenômeno a dispersão cromática somente. Quando, na verdade, também podemos decompor as cores por redes de difração. Assim como destacam (CAVALCANTE e TAVOLARO, 2002, p. 40):

A luz também pode ser decomposta quando atravessa uma rede de difração. A difração ocorre quando uma onda contorna um ou mais obstáculos, mudando sua direção de propagação. Ondas luminosas ao sofrerem difração, invadem a zona de sombra geométrica após contornarem os obstáculos e ao atingirem um anteparo produzem interferências construtivas e destrutivas (CAVALCANTE e TAVOLARO, 2002, p. 40).

Que quando projetada no anteparo, observamos que o ângulo de desvio dependerá do seu comprimento de onda. Fazendo com que cada cor de luz apareça em um ponto diferente do anteparo (CAVALCANTE e TAVOLARO, 2002).

Ao analisar as respostas encontradas em questões relacionadas a compreensão de fenômenos naturais como o arco-íris, por exemplo, nos possibilitou planejar atividades que pudessem discutir temas que os licenciandos em Ciências Biológicas poderão desenvolver em suas futuras salas de aula. Vale destacar que segundo a BNCC, o tema “Terra e Universo” apresenta habilidades e competências importantes a serem trabalhadas com o público do Ensino Fundamental:

Os estudantes dos anos iniciais se interessam com facilidade pelos objetos celestes, muito por conta da exploração e valorização dessa temática pelos meios de comunicação, brinquedos, desenhos animados e livros infantis. Dessa forma, a intenção é aguçar ainda mais a curiosidade das crianças pelos fenômenos naturais e desenvolver o pensamento espacial a partir das experiências cotidianas de observação do céu e dos fenômenos a elas

relacionados. [...] Nos anos finais o conhecimento espacial é ampliado e aprofundado por meio da articulação entre os conhecimentos e as experiências de observação vivenciadas nos anos iniciais, por um lado, e os modelos explicativos desenvolvidos pela ciência, por outro. Dessa forma, privilegia-se, com base em modelos, a explicação de vários fenômenos envolvendo os astros Terra, Lua e Sol (BRASIL, 2018, p. 328 – 329).

Quando nos preocupamos em construir atividades que possuem como foco a observação do céu, esperamos trabalhar com o aluno sua capacidade de elaborar hipóteses e explicações sobre o mundo em que ele vive. (BRASIL, 2018).

A questão seguinte está relacionada às propriedades da luz. Esse tipo de pergunta é comumente feita logo no início do semestre. Segundo o cronograma da disciplina de ICF I, costuma-se reservar a primeira semana de aula para conversar com os alunos a respeito do funcionamento da disciplina, as práticas oferecidas e avaliações a serem realizadas. As primeiras discussões voltam a respeito do tema de óptica e o que ela estuda. Ao perguntar as propriedades conhecidas pelos alunos durante as práticas, percebemos que a maioria deles não responde, muito provavelmente, por receio de apresentarem respostas equivocadas ou incorretas. Muitas das vezes provocadas por um ensino anterior deficiente. Aos que se permitem participar limitam suas respostas aos três princípios da óptica geométrica: propagação retilínea da luz, independência dos raios luminosos e reversibilidade da luz. Não mencionando outras propriedades como velocidade, frequência e cor, por exemplo. Como pode notar os percentuais apresentados no **Gráfico 4.7**.

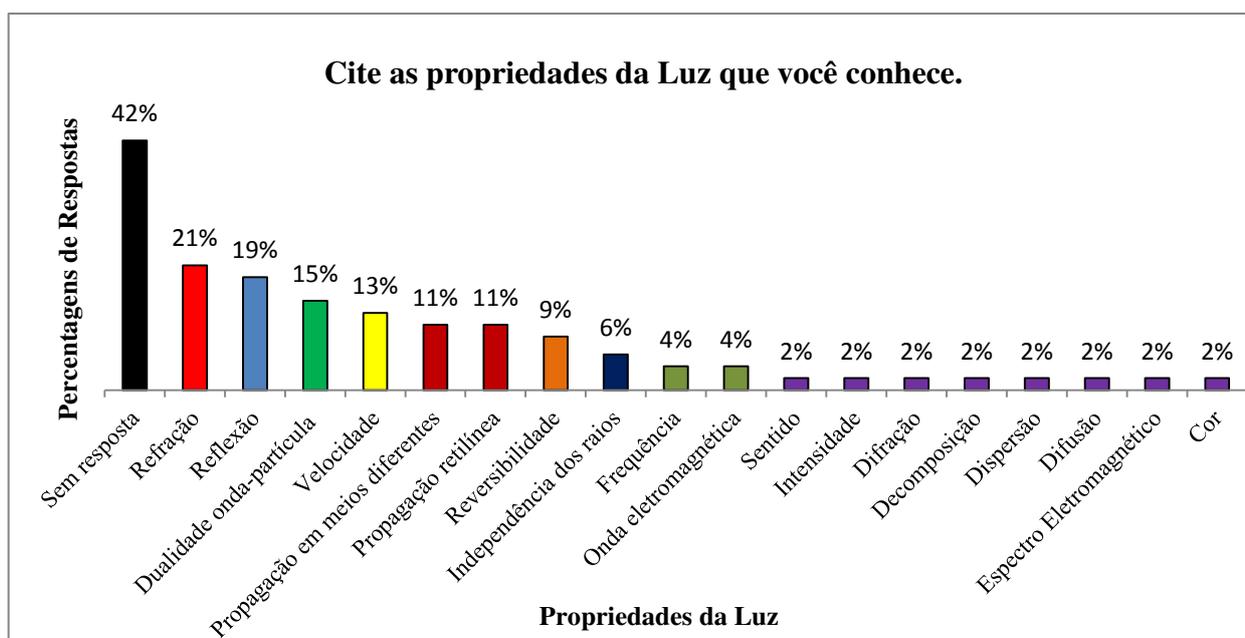


Gráfico 4.7: Referente à quarta questão de tópicos de Óptica.

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao analisarmos o gráfico, notamos que boa percentagem dos participantes deixou de responder. Entre as propriedades mais citadas destacaram-se a Refração e a Reflexão, com 21% e 19% das citações, respectivamente. Um dado interessante da coleta foi a propriedade Dualidade onda-partícula se apresentar com maior destaque em relação a outras mais convencionais, como Independência e Reversibilidade dos raios luminosos, por exemplo, cujas propriedades pertencem ao estudo do Princípio Óptico. Seu estudo, normalmente, se encontra em temas voltados para a FMC que, como já mencionado anteriormente, têm sido mais discutidos no Ensino Médio recentemente, como relata (RIO DE JANEIRO, 2012, p. 3):

Abordamos, ao longo dos três anos, temas de FMC como forma de atrair os estudantes e dar maior significado para o estudo de Física. Por isso, ao começarmos com o estudo de Cosmologia já poderemos falar de temas contemporâneos sem precisar esperar todo o estudo da Física clássica para fazê-lo. Conhecer alguns tópicos de FMC é fundamental para compreender a realidade que nos cerca a partir da nova visão de mundo que a Física do século XX construiu (RIO DE JANEIRO, 2012, p. 3).

Entre outros dados que também foram bem discutidos destacam-se a velocidade da Luz em diferentes meios e no vácuo, assim como sua Linearidade em meio homogêneo.

Diferente da propriedade onda-partícula, outros dados que também se situam presentes no Eletromagnetismo e FMC, como Frequência e Onda eletromagnética, foram poucos citados. Também nos chamou a atenção a propriedade “Sentido”, pois não ficou claro se se referia à Reversibilidade, a qual indica que o sentido de propagação não altera a trajetória de um raio (ALMEIDA, 2013), ou se de fato indicava o sentido de propagação da Luz em determinada trajetória.

Por fim, destacamos outras propriedades, como Intensidade, Difração, Decomposição, Dispersão, Difusão, Espectro Eletromagnético e Cor, representadas com cerca de 2% de citações cada. Vale lembrar que tais propriedades situam-se nas duas primeiras aulas do livro-texto, configurando-se conceitos importantes do estudo da propagação, reflexão e refração, no qual o referido capítulo se insere. Importante ressaltar que o aluno que mencionou o Espectro Eletromagnético referia-se apenas à faixa espectral, considerando seu comportamento ondulatório em diferentes níveis de energia, enquanto o que mencionou a cor se preocupou somente com a característica luminosa presente no espectro visível das radiações.

É importante destacar que discussões a respeito das propriedades da luz podem ser encontradas no currículo de Ciências do Ensino Fundamental. Que traz como

habilidade a ser desenvolvida: “Reconhecer a natureza da luz, como energia e suas principais características” (RIO DE JANEIRO, 2020, p. 47). Aplicar atividades que trabalhem o reconhecimento das propriedades da luz permitirá que os alunos possam aprofundar sem muitas resistências novos conceitos e modelos explicativos conforme o avanço de seu nível de ensino.

Ao consultarmos o livro texto da disciplina de ICF I verificamos que o material didático não aborda o tema de cores. Embora entre suas práticas seja realizado o experimento de dispersão. A não inclusão desse tema, talvez possa estar relacionado ao fato de que os tópicos referentes a difração, interferência e cores sejam trabalhados em disciplinas mais avançadas como em Física IV A, ofertada no 6º período do curso de Licenciatura em Física. Contudo, a falta de abordagem mesmo que para disciplinas mais básicas como ICF I reduz a oportunidade para alunos de outros cursos como os de Licenciatura em Ciências Biológicas, por exemplo, de terem contato mais aprofundado com determinados temas.

Por esse motivo, procuramos inserir no levantamento perguntas relacionadas às cores. O objetivo era analisar se o estudante sabia diferenciar a Cor Luz da Cor Pigmento. A questão foi subdividida em dois tópicos alfabéticos como mostram o **Gráfico 4.8a** e o **Gráfico 4.8b**.

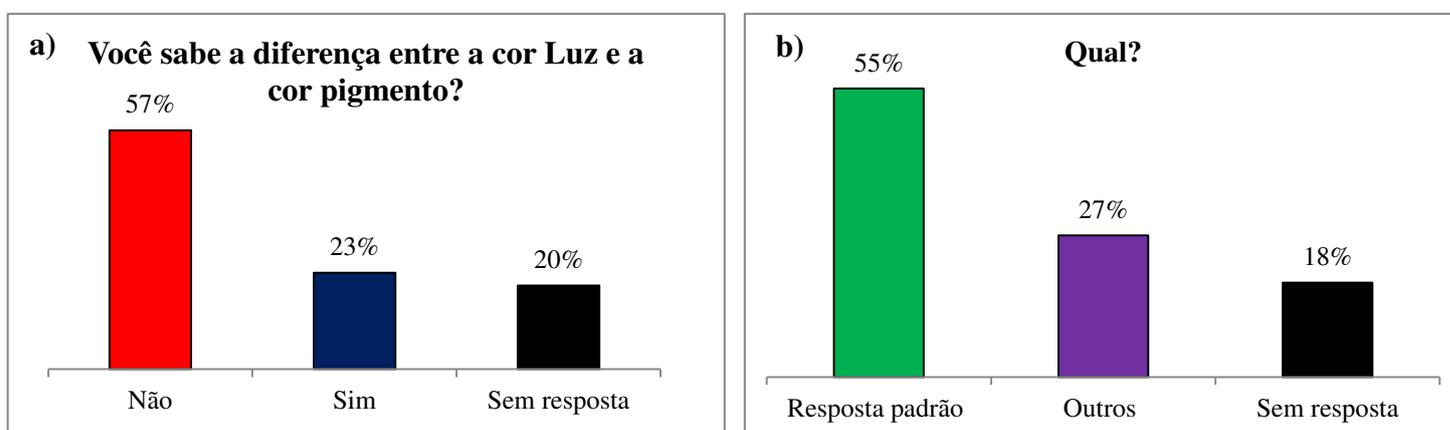


Gráfico 4.8: Referente à (a) e (b) quinta questão e de tópicos de Óptica.

Fonte: Dados da pesquisa.

A intenção de se perguntar partiu da necessidade de se verificar as concepções trazidas pelos estudantes de seus estudos anteriores. Visto que o tema Cor está presente no currículo de Ciências da Educação Básica (BRASIL, 2018). Este assunto normalmente é apresentado acompanhado por algum experimento, na maior parte das

vezes pela refração em um prisma ou em outro material transparente, demonstrado por meio de esquemas e/ou figuras. Já a Cor Pigmento, nem sempre vem denominado da mesma forma. Nomenclaturas como “A cor de um objeto” ou “A cor das coisas” também podem ser usualmente encontradas.

A respeito das respostas analisadas, destacamos uma que realmente nos chamou a atenção não só apenas pelo conhecimento a respeito do tema como também pelo seu nível de detalhes: “A cor luz é uma banda do espectro de luz visível aos nossos olhos, correspondente a uma cor. Já a cor pigmento é uma banda do espectro de luz que um certo pigmento reflete”. E ainda completa: “a cor luz é emitida por uma fonte luminosa e captada por nossos olhos diretamente. Como por exemplo por um monitor que emite os canais RGB. A cor pigmento depende de uma fonte luminosa, pois não emite luz” (A33), o que caracteriza perfeitamente uma “Resposta padrão”.

Encontramos também respostas de forma mais resumida: “Luz: comprimento de onda. Pigmento: reflete o comprimento de onda específico” (A34), que também corresponde aos conceitos apresentados nos livros didáticos.

Em relação a “Outros” destacamos: “Cor pigmento é a reflexão da luz incidente.” (A35) e “A luz não tem cor, mas ela terá a cor dos pigmentos que ela atravessará” (A36). Em relação à última afirmação, destacamos a forte semelhança com teorias antigas, em que se acreditava que a luz branca (proveniente do Sol) era uma luz pura e que o aparecimento das cores era devido a impurezas que o feixe recebia ao ser refratado. Essa concepção era fortemente defendida por Hooke, um físico influente da época e grande crítico e opositor das ideias de Newton. Assim como abordam Martins e Silva (2015, p. 23), ele “defendia que a luz branca era uma perturbação periódica e que a luz colorida era uma modificação adquirida da luz branca ao ser refratada obliquamente”.

Ao compararmos esta teoria com a afirmação do estudante (A36), podemos observar que determinadas concepções podem ser bem resistentes. Principalmente, pelo fato de que “é impossível perceber a existência de todas as cores na luz branca antes de ela ser refratada” (MARTINS e SILVA, 2015, p. 22), o que pode provocar o levantamento de questionamentos quanto a garantia de o prisma realmente não produzir alterações na luz branca durante o processo de refração (*ibid.*).

Para debater tal teoria Newton realizou diversos experimentos com uso de prismas, na qual formulou ideias que são consideradas corretas até hoje:

[...] a luz é uma mistura heterogênea de raios coloridos que possuem a propriedade de serem refratados de acordo com sua cor. Segundo Newton, o prisma simplesmente separa a luz branca em seus raios componentes de acordo com suas refrangibilidades sem produzir nenhuma mudança no feixe de luz branca (MARTINS e SILVA, 2015, p. 22).

Vale destacar que segundo Martins e Silva (2015), Newton atribuía os conceitos de refrangibilidade para uma característica própria da luz em adotar desvios. Diferente do termo refringência, no qual estamos mais acostumados, atribuída como característica do objeto em demonstrar resistência à passagem da luz.

É importante destacar que os experimentos realizados por Newton não só contribuíram para o entendimento das cores luz como também para o estudo das cores pigmento. Que para Martins e Silva (2015, p. 15) pode-se observar por meio de seus experimentos que,

[...] ao projetar cores produzidas por um prisma sobre papéis pintados com tintas vermelha e azul [...] ambas apareciam azuis, porém o vermelho parecia mais escuro; se o vermelho prismático fosse projetado sobre as duas cores, ambas apareciam vermelhas, mas o papel pintado de azul parecia mais escuro. Portanto, a tinta do papel não era capaz de modificar a cor da luz – podia apenas absorvê-la ou refleti-la (MARTINS e SILVA, 2015, p. 15).

A partir das considerações apresentadas ressaltamos a importância de práticas que abordem o tema sobre cores Luz. Visto que nas orientações curriculares da BNCC, referentes aos tópicos que abordam a disciplina de Ciências em sua unidade temática “Matéria e Energia” podemos encontrar as seguintes habilidades: “Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina e quais os fatores que influenciam essa percepção” (BRASIL, 2018, p. 351).

Por esse motivo inserimos a pergunta referente ao **Gráfico 4.9**:

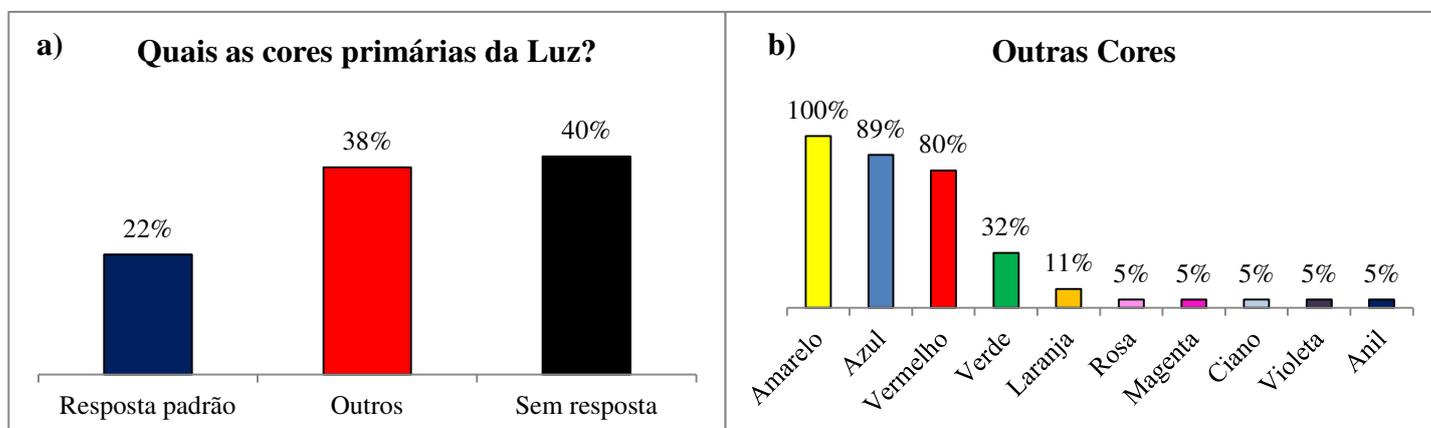


Gráfico 4.9: Referente à sexta questão de tópicos de Óptica.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Assim como na pergunta anterior, Almeida (2013) não aborda o tema Cores, limitando-se apenas ao experimento de Dispersão, como já discutido anteriormente. A ausência temática nos principais livros-texto pode ser verificada pelo **Gráfico 4.9a**, em que a maioria das respostas referentes às cores primárias não são citadas.

Verificamos que 22% dos estudantes afirmaram serem as cores vermelho, verde e azul pertencentes ao conjunto das cores primárias da luz, enquanto 38% dos participantes citaram outras cores do espectro, atribuindo às cores amarelo, azul e vermelho relação às radiações, quando, na verdade, pertencem ao conjunto das cores primárias do pigmento.

Também destacamos a cor amarela presente em todas as respostas. Inclusive, naquelas que se distanciaram tanto para as cores Luz quanto para as cores Pigmento.

Vale destacar novamente que o ensino a respeito do estudo das cores primárias da luz está presente no currículo de Ciências da Educação Básica (BRASIL, 2018) e que, portanto, seu estudo desde anos iniciais do Ensino Fundamental se faz necessária.

A pergunta referente ao Gráfico 8.10 partiu de curiosidades que normalmente se discutiam durante as práticas. Como as turmas são compostas por três cursos de Licenciatura algumas analogias e/ou curiosidades eram apresentadas com o intuito de despertar a atenção dos alunos. Principalmente, daqueles que demonstravam maiores dificuldades para compreender determinados conceitos. Esses temas surgiam por meio de um exemplo ou dúvida. Partindo da necessidade de se colocar algum contexto que fosse além da representação matemática e dos experimentos feitos. O que era bom em alguns momentos, pois despertava o interesse dos estudantes e deixava o ambiente mais dinâmico.

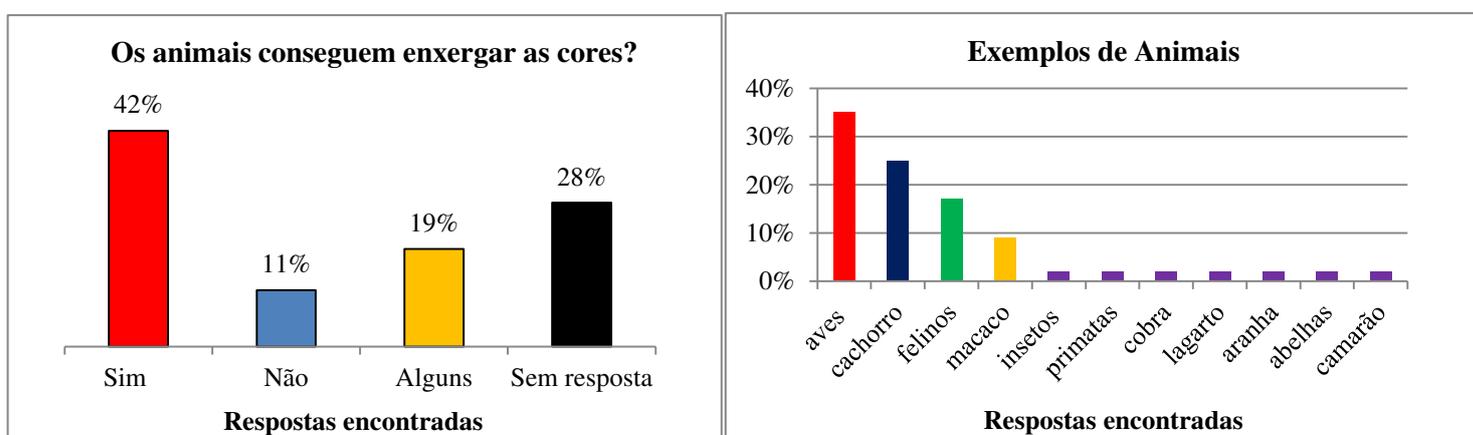


Gráfico 4.10: Referente à sétima questão de tópicos de Óptica.

Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação às respostas encontradas no **Gráfico 4.10**, verificamos que entre os animais mais citados pudemos destacar cães, felinos e pássaros em geral, insetos como abelhas, borboletas e aranhas. Estranhamente, apenas dois citaram macacos ou primatas. O único animal marinho citado foi o camarão.

Como discutido no capítulo de Metodologia, o intuito deste levantamento é poder desenvolver uma sequência didática que pudesse esclarecer as dificuldades mapeadas. Para isso, procurou-se abordar temas que contextualizassem com esses problemas. Muitas vezes a questão surgida em sala pode ser um ponto de partida para despertar a atenção e o interesse dos estudantes em relação a algum assunto ou mesmo à própria disciplina.

Vale destacar que para ministrar aulas de Ciências para estudantes da Educação Básica, é preciso lançar mão de “desafios cada vez mais abrangentes, o que permite que os questionamentos apresentados a eles, assim como os que eles próprios formulam, sejam mais complexos e contextualizados” (BRASIL, 2018, p. 343).

Durante a disciplina de ICF I, os alunos desenvolvem atividades experimentais acerca da dispersão da luz. Nela, um prisma é colocado sob a emissão de uma luz branca e o espectro de cores é observado em um anteparo branco situado no interior de uma caixa escura. No entanto, o experimento não aborda em nenhum momento a razão da posição das cores no espectro, suas sobreposições ou sequer as cores primárias da luz. O livro-texto parte então para a atividade seguinte, que aborda a formação de imagens por espelhos planos. As cores não são mais mencionadas durante o restante do curso. A inserção do espectro visível poderia ser mais aprofundada, inserindo-se temas correlacionados à formação e à sobreposição de cores, por exemplo. A forma como é trabalhada faz com que permaneçam na simples verificação de fórmulas e reprodução de roteiros.

Com o intuito de verificar as dificuldades que os alunos demonstravam durante a prática de laboratório, principalmente, no experimento voltado para dispersão da luz. Assim como promover uma melhoria na compreensão do assunto procuramos desenvolver uma proposta didática inspirada na metodologia POE (Previsão – Observação – Explicação) (WHITE e GUNSTONE, 1992). Na qual, procura investigar a compreensão de um determinado assunto por meio de três tarefas: “Primeiro, eles devem prever o resultado de algum evento e justificar sua previsão; então, descrevem o que veem acontecer; e, finalmente, reconciliam qualquer conflito entre previsão e observação” (WHITE e GUNSTONE, 1992, p. 44).

Para (SANTOS e SASAKI, 2015, p. 2),

A metodologia POE é ancorada em duas características principais. A primeira é promover a elucidação das ideias prévias dos aprendizes, isto é, proporcionar situações e mecanismos que estimulem o aluno a expressar as suas concepções debatendo-as com os colegas de grupo e depois apresentá-las de forma organizada, por escrito. A segunda é possibilitar uma aprendizagem ativa, isto é transferir o foco da aula do professor que descreve e explica fenômenos, geralmente abstratos, para os próprios alunos que se tornam protagonistas do processo de aprendizagem (SANTOS e SASAKI, 2015, p. 2).

A partir dessas considerações, propusemos para a última questão apresentar aos participantes uma “caixa de cores” (GREF, 1998b, p. 45), como mostrado na **Figura 4.1**:

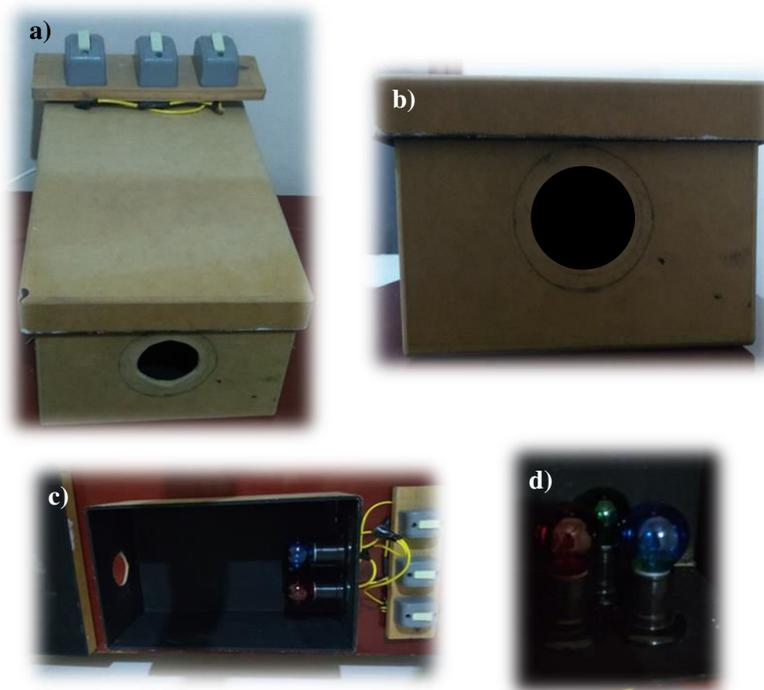


Figura 4.1: Caixa de cores vista por a) e b) dentro e c) e d) fora.

Fonte: Fotografia da autora.

O experimento é constituído por três bocais para instalação de lâmpadas vermelha, verde e azul, cada uma com um interruptor, havendo do lado oposto aos bocais uma abertura circular para saída da luz que é projetada sobre um anteparo branco.

Antes de pedir para que respondessem o questionário, foi explicado brevemente a respeito do fenômeno de sobreposição de cores e como o experimento funciona.

A finalidade da experimentação era detectar se os alunos acertariam as cores formadas quando: 1) as lâmpadas vermelha e verde fossem ligadas mantendo a azul

desligada; 2) as lâmpadas verde e azul fossem ligadas mantendo a vermelha desligada; 3) as lâmpadas vermelha e azul fossem ligadas mantendo a verde desligada; e 4) mantendo todas as lâmpadas ligadas.

Os alunos deveriam responder as questões antes do início da atividade, conferindo seus resultados no momento da experimentação.

Para cada pergunta foram verificadas as seguintes respostas:

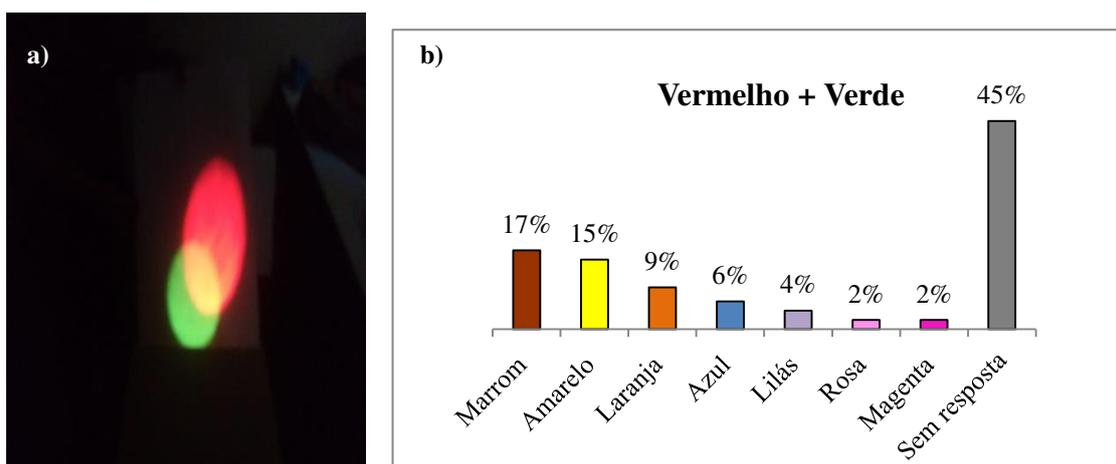


Gráfico 4.11: Referente à (a) Imagem e (b) ao primeiro item da oitava questão de tópicos de Óptica
Fonte: Dados da Pesquisa.

Como podemos ver no **Gráfico 4.11a**, a cor formada pelas lâmpadas vermelha e verde é a cor amarela. No entanto, quando verificamos as respostas contidas no **Gráfico 8.11b**, notamos que apenas 15% dos participantes acertaram, assim como constatamos que o maior percentual correspondeu àqueles que deixaram de responder.

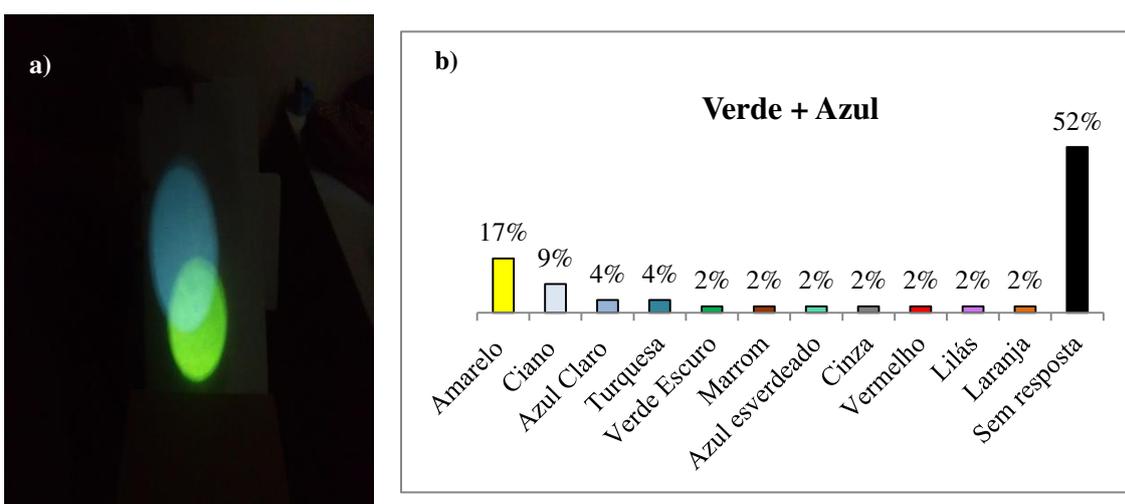


Gráfico 4.12: Referente à (a) Imagem e (b) ao segundo item da oitava questão de tópicos de Óptica.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Ao ligarmos as lâmpadas verde e azul, pudemos observar a formação da cor ciano na região de interseção entre as duas, assim como mostra o **Gráfico 4.12a**. Novamente, observamos um alto percentual de alunos não participativos. Entre as inúmeras cores citadas, podemos destacar a cor amarela. Sua citação, muito provavelmente, deve estar relacionada ao resultado da mistura das cores pigmento.

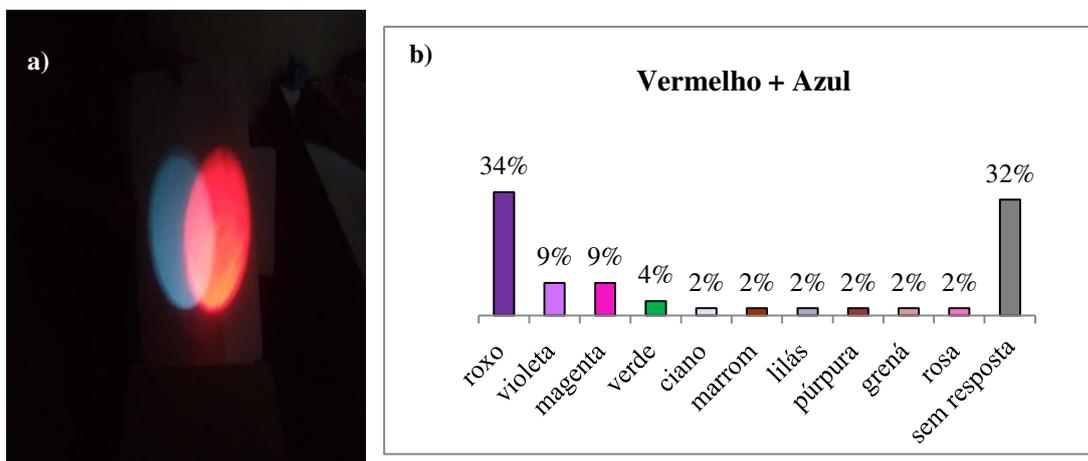


Gráfico 4.13: Referente à (a) Imagem e (b) ao terceiro item da oitava questão de tópicos de Óptica.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Quando acendemos as lâmpadas vermelha e azul, obtemos a formação da cor Magenta, assim como nos mostra o **Gráfico 4.13a**. Para este item, observamos citações maiores para as cores roxo, violeta e magenta. É preciso destacar que a diferença de intensidade de uma lâmpada para a outra pode interferir no tom da Cor Luz formada, assim como na capacidade de absorção e interpretação do espectro visível por cada indivíduo.

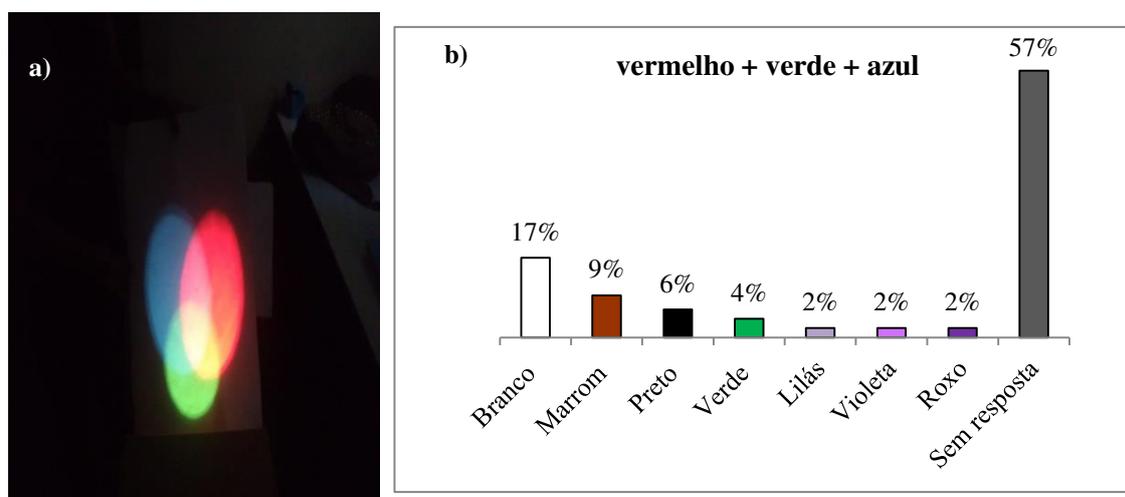


Gráfico 4.14: Referente à (a) Imagem e (b) ao quarto item da oitava questão de tópicos de Óptica.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Ao ligarmos todas as lâmpadas, conseguimos verificar a formação da cor branca na região de interseção entre as três, assim como mostra o Gráfico 8.14a. É perceptível que muitos alunos deixaram de responder este item, alcançando um percentual acima da metade das respostas dos participantes. Das poucas respostas coletadas pudemos perceber apenas uma pequena parcela respondendo corretamente.

De acordo com as respostas levantadas, pudemos verificar que a maioria se apresentou incorreta, evidenciando a falta de conhecimento da diferença entre a Cor Luz e Cor Pigmento, visto que muitas delas se confundiam. Em relação a suas sobreposições, podemos encontrar discussões a respeito em alguns livros didáticos de nível superior. Assim como descreve (HEWITT, 2015, p. 509):

Eis aqui o que acontece quando duas das três cores primárias aditivas são combinadas: Vermelho + Azul = Magenta; Vermelho + Verde = Amarelo Azul + Verde = Ciano. Dizemos que o magenta é o oposto do verde; o ciano é o oposto do vermelho; e o amarelo é o oposto do azul. Agora, se adicionarmos cada uma dessas cores às suas opostas, obtemos o branco. Magenta + Verde = Branco (Vermelho + Azul = Verde); Amarelo + Azul = Branco (Vermelho + Verde = Azul); Ciano + Vermelho = Branco (Azul + Verde = Vermelho). Quando duas cores são adicionadas, produzindo branco, elas são chamadas de **cores complementares**. Cada pigmento possui uma cor complementar, que quando adicionada a ele, produzirá o branco (HEWITT, 2015, p. 509, grifo do autor).

A metodologia aplicada permite que se explorem as ideias prévias dos alunos a respeito de um determinado assunto e a partir delas desenvolvam atividades que abordem a temática. Para a verificação de um ganho de aprendizagem (SANTOS e SASAKI, 2015; SASAKI e JESUS, 2017), recomendam a aplicação de um pós-teste após o período letivo. Tendo como intuito calcular seu rendimento de aprendizado para, então, confrontar as ideias prévias que foram coletadas no período inicial do curso. Tal prática nos parece bastante proveitosa e benéfica. Contudo, para esta pesquisa essa estratégia não pode ser possível. Visto a problemática já mencionada quanto a permanência dos mesmos indivíduos ao final do semestre. O que comprometeria a metodologia abordada.

O conhecimento das dificuldades dos alunos permitiu o desenvolvimento de uma sequência didática que pudesse auxiliar no esclarecimento de alguns conceitos estudados ao longo da disciplina de ICF I, dando maior atenção à Biofísica da visão, conteúdo presente na disciplina de Biofísica. Também destacamos alguns temas como a natureza da luz, o espectro de ondas eletromagnéticas e cor que podem ser encontrados

em disciplinas mais avançadas da Física, como a Física IV A, por exemplo. No entanto, vale ressaltar que a última é voltada especificamente para o público do curso de Licenciatura em Física em seu 6º período.

Por declararem o distanciamento das disciplinas de Física com a especificidade do seu curso, boa parte dos discentes passa a cursar matérias como a Biofísica antes mesmo do período oferecido. Essa tomada de decisão faz com que os estudantes, na ausência de conhecimentos básicos, apresentem maiores dificuldades no estudo de novos conteúdos, como a relação entre luz e visão, por exemplo. Uns dos tópicos apontados no mapeamento.

O uso da estratégia POE, pode vir a “favorecer tanto o caráter investigativo quanto a capacidade de tomada de decisão auxiliando assim na construção do conhecimento por parte dos alunos” (SCHWAHN, SILVA e MARTINS, 2007, p. 2). Por esse motivo, neste trabalho desenvolvemos e aplicamos uma proposta didática que pretende conciliar a metodologia POE de aprendizagem ativa (WHITE e GUNSTONE, 1992) com uma sequência de ensino investigativa (ZABALA, 2010 e CARVALHO, 2013).

4.2.1 Oficina: O espectro de cores como meio de interação entre os seres vivos e seu habitat

A Oficina foi iniciada com a explicação a respeito dos ramos da Física em que se estudam o comportamento e a natureza da luz, partindo de seu contexto histórico, quando foram discutidos temas a respeito das suas primeiras aplicações na antiguidade, passando por experimentos realizados por Arquimedes, Isaac Newton, Christian Huygens e Thomas Young. Por mais que o tema central da pesquisa tenha sido Óptica, sua contextualização permitiu abordagens, mesmo que breves, a respeito de conceitos presentes no Eletromagnetismo, na Ondulatória e até mesmo na Física Moderna.

O primeiro debate relacionou-se com o experimento conhecido como “Raio de Calor” construído por Arquimedes. De maneira bem resumida, o aparato experimental consistia em utilizar espelhos côncavos distribuídos ao longo da fronteira da cidade de Siracusa, com o intuito de contra-atacar as tropas romanas que ameaçavam invadir sua cidade.

O experimento consistia em fazer convergir os raios que incidiam sobre as superfícies dos espelhos em direção às embarcações das tropas inimigas. Com o

aumento da temperatura proveniente dos raios solares, podia-se incendiá-las, provocando o naufrágio. Como pode ser observado na **Figura 4.2**.

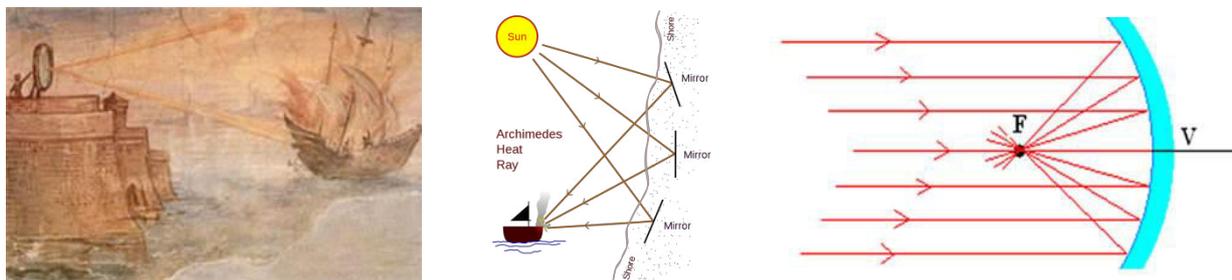


Figura 4.2: Representação do funcionamento do experimento “Raio de Calor” construído por Arquimedes

Fonte: Elaborado pela autora com base em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Arquimedes>> e <<https://www.google.com.br/imghp?hl=pt-PT&tab=wi&ogbl>>. Acesso em: Fev. 2019.

A apresentação possibilitou aos alunos revisar alguns conceitos presentes na disciplina de ICF I, como a propagação retilínea da luz e o estudo de imagens produzidas por espelhos côncavos, por exemplo, tópicos referentes à Óptica Geométrica, trazendo discussão a respeito da formação de imagens a partir de uma propagação retilínea dos raios. Almeida (2013, p. 77), explicita que:

[...] no espelho côncavo, um raio paralelo ao eixo do espelho passa pelo foco F e, inversamente, um raio que passe pelo foco F emerge paralelo ao eixo. Isso nos dá uma maneira de construir a imagem de um objeto. (ALMEIDA, 2013, p. 77).

Para o tema apresentado, observamos Sol como sendo a fonte emissora, considerando a propagação dos feixes luminosos de forma paralela em relação aos espelhos, que ao atingirem sua superfície convergiam sobre o foco. O debate a respeito da transmissão de energia solar por meio da conversão dos raios luminosos possibilitou a abertura de uma nova discussão: se a luz tinha comportamento ondulatório ou corpuscular.

De acordo com nossa experiência cotidiana, “partículas” são minúsculos objetos análogos a balas. Elas possuem massa e obedecem às leis de Newton – elas se deslocam através do espaço em linhas retas, a menos que uma força atue sobre elas. De forma análoga, de acordo com nossa experiência cotidiana, “ondas”, como as ondas do oceano, são fenômenos que se estendem através do espaço. Quando uma onda se propaga através de uma abertura ou ao redor de uma barreira, ela sofre difração e as diferentes partes da onda acabam interferindo entre si. Portanto, partículas e ondas são facilmente distinguíveis entre si. De fato, elas possuem propriedades mutuamente exclusivas. Apesar disso, a questão de como classificar a luz foi um mistério por séculos a fio (HEWITT, 2015, p. 583).

As propriedades ondulatórias e corpusculares da luz complementam-se. Ambas são necessárias para a sua compreensão. Contudo, foi preciso que inúmeros cientistas se

debruçassem em suas pesquisas relacionadas à natureza da luz para que pudéssemos ter a compreensão de que temos hoje.

A primeira pessoa a apresentar uma teoria ondulatória convincente para a luz foi o físico holandês Christian Huygens, em 1678. Embora muito menos completa que a teoria eletromagnética de Maxwell, formulada mais tarde, a teoria de Huygens era matematicamente mais simples e permanece útil até hoje. Suas grandes vantagens são explicar as leis da reflexão e refração em termos de ondas e atribuir um significado físico ao índice de refração (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012).

A teoria ondulatória de Huygens utiliza uma construção geométrica que permite prever onde estará uma dada frente de onda em qualquer instante futuro se conhecermos a posição atual. Essa construção se baseia no princípio de Huygens, cuja enunciação diz: “Todos os pontos de uma frente de onda se comportam como fontes pontuais de ondas secundárias. Depois de um intervalo de tempo t , a nova posição da frente de onda é dada por uma superfície tangente a essas ondas secundárias” (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012, p. 72). Como mostra a Figura 8.3.

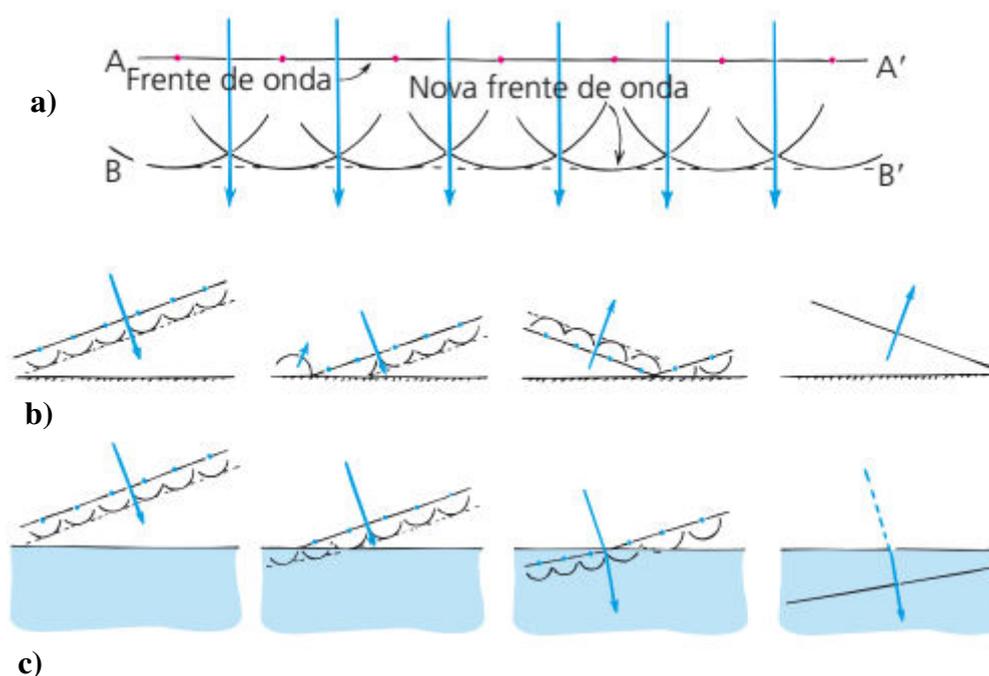


Figura 4.3: O princípio de Huygens aplicado a (a) uma frente de onda plana, a (b) reflexão e (c) refração.

Fonte: Adaptado de (HEWITT, 2015, p. 546).

No entanto, somente com o experimento da interferência, construído por Thomas Young em 1801, que o fenômeno característico do movimento ondulatório pôde ser definido corretamente.

Em 1801, Thomas Young provou experimentalmente que a luz é uma onda, ao contrário do que pensavam muitos cientistas da época. O que o cientista fez foi demonstrar que a luz sofre interferência, como as ondas do mar, as ondas sonoras e todos os outros tipos de ondas. Além disso, conseguiu medir o comprimento de onda médio da luz solar o valor obtido, 570 nm, está surpreendentemente próximo do valor atualmente aceito, 555 nm (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012, p. 78).

Thomas Young observou o padrão de interferência de duas fontes coerentes de luz produzido ao iluminar um par de fendas estreitas e paralelas com uma única fonte.

O experimento de dupla fenda foi um ponto crucial na história da Física. Seu aparato experimental era formado por uma fonte de luz (a própria luz solar), duas lâminas, em que a primeira continha uma fenda e a segunda, duas fendas. Uma colocada logo após a outra, e um anteparo ou tela de observação, colocado a certa distância da segunda lâmina, no qual era possível observar uma série de faixas claras e escuras, chamadas franjas de interferência, assim como observado na **Figura 4.4**.

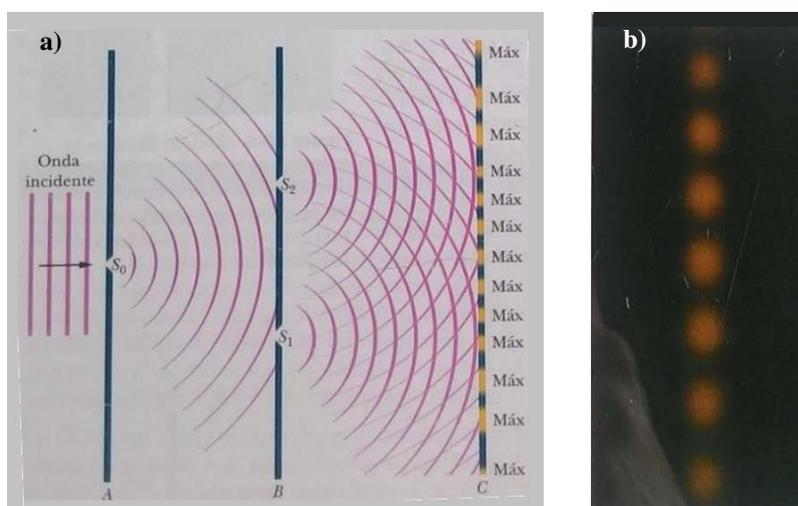


Figura4.4: (a) A onda incidente é difratada pela fenda S_0 , que emite frente de ondas semicirculares, que ao chegarem nas fendas S_1 e S_2 são difratadas novamente até atingirem o anteparo. Local onde é possível observar um padrão de interferência (b).

Fonte: (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012, p. 78).

Com a discussão acima os alunos puderam associar a teoria apresentada com as questões contidas na AD 1. Uma das perguntas recorrentes na avaliação está em saber se o aluno conseguiria explicar quais dos experimentos contidos na prática 1 da

disciplina de ICF I não correspondia aos estudos da Óptica Geométrica. Vale ressaltar que a prática 1 é composta por cinco experimentos: Propagação da luz em um meio homogêneo; Emissão da luz por diferentes fontes; Observação da passagem de luz através de fendas estreitas; Interação da luz com a matéria e Dispersão da luz. Nos quais, o laboratório 1 compreende os três primeiros experimentos e o laboratório 2 os dois últimos.

A avaliação consistia em perguntar sobre os experimentos realizados no laboratório de forma que pudesse relatar sobre a prática e a teoria estudada. No entanto, as respostas muitas vezes apresentavam-se em branco ou incompleto. Na segunda situação, apenas o experimento das fendas era citada, mas sem explicação. Para que os alunos pudessem responder era preciso fazer uso de outros materiais de estudo. Visto que o livro-texto da disciplina não aborda, mesmo que de forma breve, fenômenos ondulatórios. O pode prejudicar aqueles que não possuem acesso a outros materiais didáticos além dos fornecidos pelo consórcio ou disponíveis no Polo.

Destacamos que os experimentos corretos a serem citados na resposta da questão seriam o experimento 3 (fendas estreitas) e o experimento 5 (dispersão da luz). A prática referente ao terceiro experimento possuía como objetivo descrever o comportamento da luz ao passar por aberturas de diferentes larguras. Para isso, o experimento era composto por um cartão telefônico com duas fendas recortadas com larguras diferentes (menores que 1 mm) como mostra a figura 8.5. Na prática, os alunos deveriam ficar cerca de 3 metros de distância da fonte de luz, enquanto, observavam a lâmpada através de uma das fendas. O procedimento era repetido para a outra fenda.

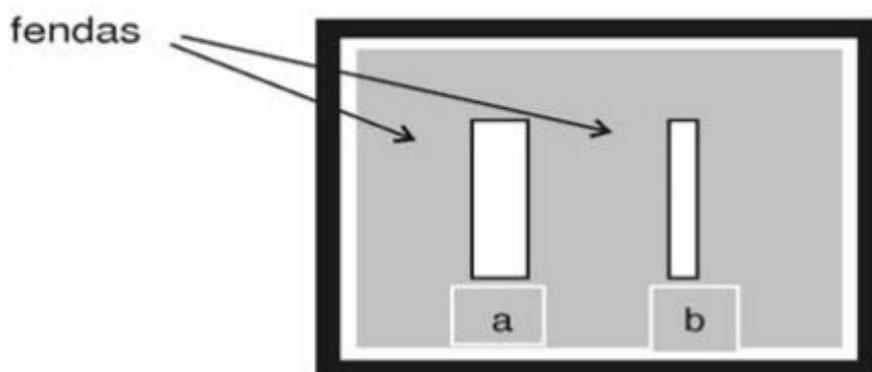


Figura 4.5: Esquema do experimento de fendas estreitas.

Fonte: (ALMEIDA, 2013, p. 25).

Após todos realizarem o experimento era perguntado aos alunos como os feixes luminosos se comportavam após atravessarem as fendas. Primeiro na maior e depois na menor. Havia diferença entre elas? As observações poderiam ser explicadas utilizando o modelo da óptica geométrica?

Para o quinto experimento o objetivo era observar a passagem da luz branca por um prisma. Para isso era usado um aparato experimental em que o aluno posicionava um prisma triangular sobre uma plataforma de madeira em frente da fonte, estando sua maior aresta paralela à fenda luminosa. De forma que ao girar a fonte lentamente em torno do eixo vertical a luz refratada pelo prisma aparecesse no anteparo. Como mostra a **Figura 4.6**.

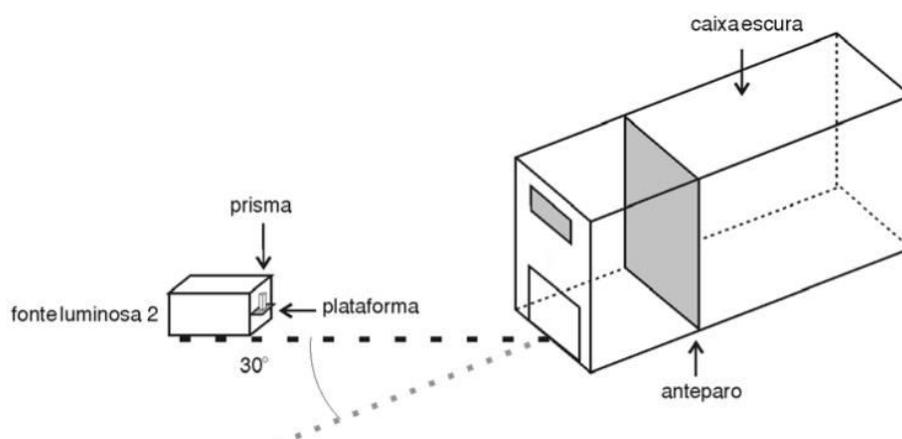


Figura 4.6: Esquema do experimento de dispersão da luz.

Fonte: (ALMEIDA, 2013, p. 30).

Para este experimento os alunos precisariam explicar as relações existentes entre o índice de refração e os diferentes comprimentos de onda (cor) do espectro.

Segundo o gabarito da AD 1, a resposta esperada seria algo semelhante a: “o experimento 3 (fendas estreitas) e o experimento 5 (dispersão da luz) não podem ser explicados pela óptica geométrica. É preciso entender outros conceitos de óptica ondulatória para explicar esses conceitos”.⁵ Uma resposta que não elucida a própria questão levantada. Quando na verdade poderia se explorar um pouco mais. Assim, como apresentado por alguns livros didáticos de nível superior como (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012, p. 78): “a óptica geométrica só é válida quando as fendas

⁵ Resposta fornecida pelo gabarito de letra (o) da Primeira Avaliação a Distância (AD 1) da disciplina de ICF I do semestre de 2019.1.

ou outras aberturas que a luz atravessa não têm dimensões da mesma ordem ou menores que o comprimento de onda da luz.” Dessa forma, mesmo não estudando os conceitos mais avançados os alunos conseguiriam entender a prática realizada e responder a questão de forma satisfatória. Não se limitando apenas em saber que “mais para frente vamos falar mais sobre isso”. Vale ressaltar que somente os alunos do curso de Licenciatura em Física possuem disciplinas mais aprofundadas que tratam sobre o estudo da óptica, como difração, interferência e polarização, por exemplo.

Essa estratégia utilizada em debater o que foi visto em sala de aula permitiu que os participantes compreendessem melhor as práticas realizadas no laboratório e associassem à teoria apresentada. Correspondendo ao que Carvalho (2013, p. 2), relata sobre a sequência de ensino investigativa:

[...] não é possível iniciar nenhuma aula, nenhum novo tópico, sem procurar saber o que os alunos já conhecem ou como eles entendem as propostas a serem realizadas. Com base nesse conhecimento cotidiano, propondo problemas, questões e/ou propiciando novas situações para que os alunos resolvam (ou seja, desequilibrando-os) é que terão condições de construir novos conhecimentos (CARVALHO, 2013, p. 2).

Após debater e associar fenômenos como difração e dispersão. A oficina dirigiu-se para a discussão sobre o processo de Efeito Fotoelétrico, que segundo (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012, p. 180), “quando iluminamos a superfície de um metal com um raio luminoso de comprimento de onda suficientemente pequeno, a luz faz com que elétrons sejam emitidos pelo metal”. Como pode ser observado na **Figura 4.7**.

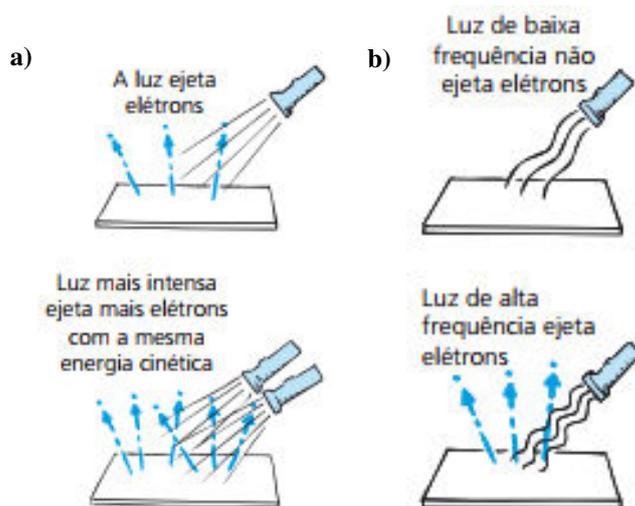


Figura 4.7: Efeito Fotoelétrico. Com ejeção de elétrons proporcionais ao (a) aumento da intensidade luminosa e ao (b) aumento da frequência da luz. Na figura podemos observar a dependência de ambas variáveis para o processo de Efeito Fotoelétrico.

Fonte: Adaptado de (HEWITT, 2015, p. 586).

Discussões a respeito da transferência de energia por meio da onda eletromagnética levaram muitos cientistas da Física Moderna a reconsiderarem o modelo corpuscular, dando origem ao termo conhecido hoje como dualidade onda-partícula. É preciso ressaltar que as ondas eletromagnéticas são compostas por radiações que variam (com maior comprimento de onda) das ondas de rádio até o infravermelho e (com menor comprimento de onda) da ultravioleta até os raios gama. Nesse intervalo é possível encontrar um pequeno espectro de luz visível, que varia das cores vermelho a violeta. É interessante ressaltarmos que seu intervalo constitui menos do que 1 milionésimo de 1% do espectro eletromagnético medido (HEWITT, 2015) como pode ser observado na **Figura 4.8**.

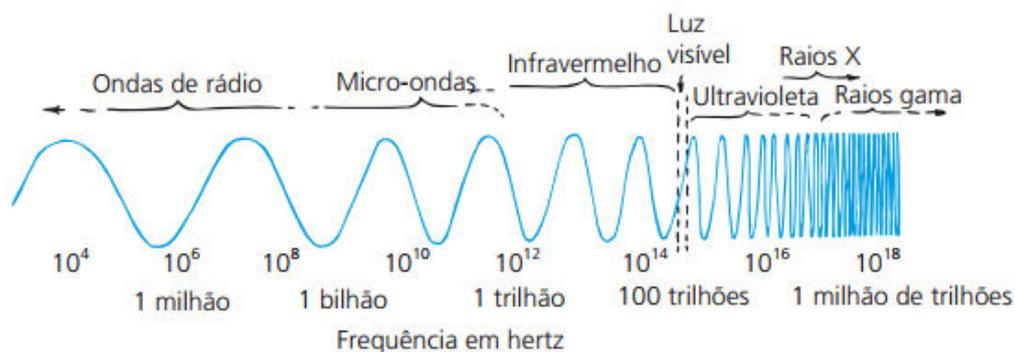


Figura 4.8: Espectro Eletromagnético.

Fonte: (HEWITT, 2015, p. 489).

A propagação da luz é governada pelas suas propriedades ondulatórias, enquanto, a troca de energia entre a luz e a matéria é governada pelas suas propriedades corpusculares (TIPLER e MOSCA, 2012). Esta dualidade onda-partícula é uma propriedade geral da natureza. Como, por exemplo, “a propagação de elétrons (e outras entidade chamadas de partículas) também é governada pelas propriedades ondulatórias, enquanto a troca de energia entre os elétrons e as outras partículas é governada pelas propriedades corpusculares” (TIPLER e MOSCA, 2012, p. 379).

O ramo da Óptica é extenso e por esse motivo selecionar temas e experimentos que pudessem elucidar determinados assuntos não foi uma tarefa fácil. Principalmente, por requerer níveis de abstrações que muitas vezes podem não ser alcançados por alguns alunos ou até mesmo professores. Por este motivo, decidimos partir de experimentos simples que, mesmo limitando-se a demonstrações, pudessem auxiliar na elucidação das dificuldades mapeadas. Vale ressaltar que para uma oficina que segue o modelo de SEI

a demonstração de experimentos se torna válida quando na falta de recursos ou impossibilidades o professor é quem manipula o aparato.

Para Carvalho (2013, p. 10),

[...] qualquer que seja o tipo de problema escolhido, este deve seguir uma sequência de etapas visando dar oportunidade aos alunos de levantar e testar suas hipóteses, passar da ação manipulativa à intelectual estruturando seu pensamento e apresentando argumentações discutidas com seus colegas e com o professor. No planejamento dessas atividades o problema e o material didático que dará suporte para resolvê-lo devem ser organizados simultaneamente, pois um depende intrinsecamente do outro (CARVALHO, 2013, p. 10).

Após a breve apresentação a respeito de seu contexto histórico, foi realizado junto aos participantes o primeiro experimento, A Caixa de Cores, cuja prática foi baseada no livro do (GREF, 1998, p. 45). Seus materiais estão listados no capítulo Metodologia.

Ressaltamos que a caixa de cores também foi aplicada nos momentos anteriores como forma de validar o experimento e coletar as respostas dos alunos referentes à oitava pergunta do questionário. Assim como nas etapas anteriores, as práticas realizadas na oficina seguiram a metodologia POE (Previsão, Observação e Explicação), em que consiste em investigar o nível de compreensão dos estudantes referentes a determinados conteúdos. Assim como abordam (WHITE e GUNSTONE, 1992, p. 44),

Previsão - observação - explicação, que abreviamos para POE, investiga a compreensão exigindo que os alunos realizem três tarefas. Primeiro, eles devem prever o resultado de algum evento e devem justificar sua previsão e observação. [...] Um objetivo importante da educação é que os alunos aprendam como usar as informações que adquirem para interpretar eventos e experiências. Perguntas de conhecimento, muitas vezes pedindo exemplos de um conceito ou fenômeno ou situação, ou uma explicação. A tarefa POE é outra medida da capacidade de aplicar o conhecimento. (WHITE e GUNSTONE, 1992, p. 44 - 45, tradução nossa) ⁶.

Para (SASAKI e JESUS, 2017, p. 2), a metodologia POE coloca sobre o aluno “a responsabilidade de explicar e debater um fenômeno real usando as suas próprias palavras”. A função do professor nesta proposta é explorar um tema que possa proporcionar ao estudante oportunidades para debater suas ideias e organizar as informações adquiridas em estudos anteriores. Para isso, o docente pode lançar mão de estratégias didáticas como experimentos, vídeos ou simulações. Nesta pesquisa

⁶ O texto em língua inglesa é: *Prediction - observation - explanation, which we abbreviate to POE, probes understanding by requiring students to carry out three tasks. First they must predict the outcome of some event, and must justify their prediction and observation. [...] An important purpose of education is for students to learn how to use the information they acquire to interpret events and experients. Questions of knowledge, often by asking for examples of a concept or a phenomom or a situation, or for explanation. the POE task is another measure of ability to apply.*

apresentamos algumas atividades com o intuito de contextualizar temas como luz, visão e cor encontradas na disciplina de ICF I.

Para que a experiência pudesse ser realizada, foi preciso que em uma caixa retangular fossem instaladas três lâmpadas coloridas (nas cores vermelho, verde e azul) em seu interior, cada uma com um interruptor, e, no lado oposto da caixa, uma abertura circular para saída da luz (é importante que essa abertura não seja muito grande para que as sombras não se separem). Assim que a lâmpada era acesa, sua sombra era projetada no anteparo branco (que pode ser uma parede branca ou uma placa de isopor). O experimento da Caixa de Cores funciona ligando-se duas lâmpadas por vez, alternando entre suas cores.

Foram observadas no anteparo as seguintes formações: amarelo, que é a soma do verde com o vermelho (**Figura 4.9a**); ciano, do verde com azul (**Figura 4.9b**); magenta, do azul com vermelho (**Figura 4.9c**) e branco resultante da soma de todas as cores (**Figura 4.9d**).

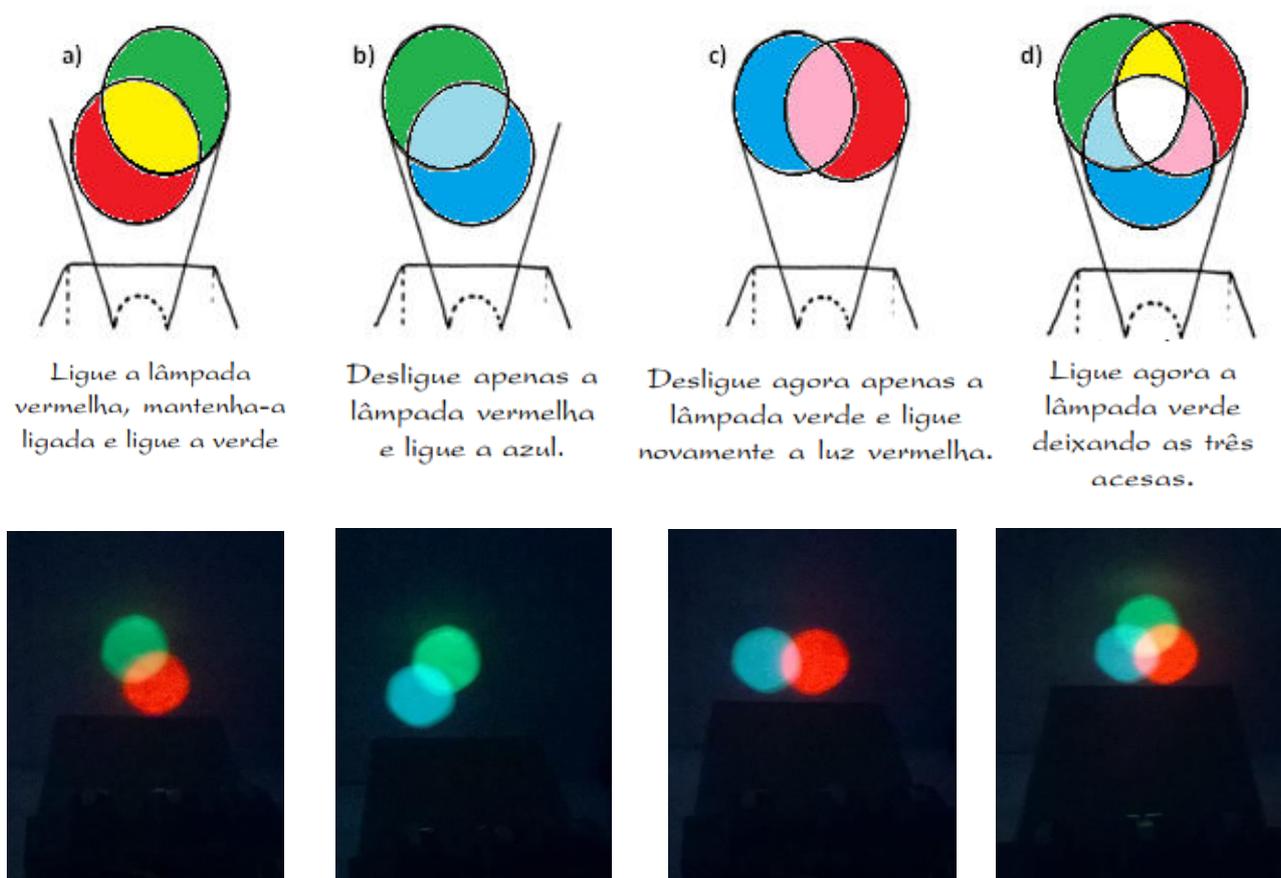


Figura 4.9: Experiência da “Caixa de Cores”.

Fonte: Adaptado de GREF (1998, p. 45) e Fotografia da autora.

Antes da realização do experimento, foi pedido aos alunos que respondessem o questionário referente aos tópicos de Óptica, para que pudessem, em seguida, conferir com as sombras projetadas. Estes dados fizeram parte do levantamento apresentado no capítulo anterior.

Para (WHITE e GUNSTONE, 1992, p. 46),

É muito importante inicialmente garantir que todos os alunos entendam a natureza da situação sobre a qual eles estão sendo solicitados a fazer uma previsão. [...] Permita que os alunos façam perguntas sobre a situação para que todos entendam a tarefa antes de prosseguir. É crucial para os objetivos do POE que todos indiquem suas previsões e as razões pelas quais eles têm que apoiar [...] todos os alunos devem se comprometer com uma posição, decidindo qual conhecimento é apropriado para aplicar e, em seguida, aplicá-lo [...] Fazer previsões sem registrar as razões é como ignorar a natureza dos links nos mapas conceituais: muito do valor da técnica para revelar o entendimento é removido (WHITE e GUNSTONE, 1992, p. 46, tradução nossa).⁷

A última questão perguntava se o participante possuía conhecimento a respeito das formações que resultavam das diferentes combinações. O objetivo era verificar se suas respostas estariam de acordo com as sombras projetadas no anteparo. Após aguardar suas respostas, foi iniciado o experimento. À medida que se alternavam as sequências, foi possível observar a surpresa dos participantes em relação a cada sombra projetada. Entre as cores formadas, as que mais os surpreenderam foram as cores amarela e branca, resultantes das sobreposições das sombras verde e vermelha e de todas as cores, respectivamente.

Outra combinação que também lhes chamou a atenção foi a sobreposição das cores azul e vermelha, que resulta na cor magenta. Relatos como: “Acertei. É magenta!” (A37) e “Para mim é rosa!” (A38) foram observadas⁸.

Percebe-se que a forma com que cada um respondeu corresponde de certa forma à cor resultante, apresentando apenas variação entre a percepção de cor e sua intensidade, levando-se em consideração o fator da luminosidade de cada lâmpada e a

⁷O texto em língua inglesa é: *It is most important initially to ensure that all students understand the nature of the situation about which they are being asked to make a prediction. [...] Allow students to ask questions about the situation so that everyone understands the task before proceeding. It is crucial to the objectives of POEs that everyone indicate their forecast and the reasons they have to support the forecast. [...] All students must commit to a position when deciding what knowledge is appropriate to apply and then apply it [...] Making predictions without recording reasons, such as ignoring the nature of links on concept maps: much of the value of the technique to reveal understanding is removed.*

⁸ Informação obtida por meio de registro audiovisual durante a aplicação da atividade prática na Oficina de Óptica durante a VIII Jornada de Biologia em 16 de fevereiro de 2019, no Polo Campo Grande da Fundação CECIERJ/ Consórcio CEDERJ, zona oeste do Rio de Janeiro – RJ.

capacidade de cada indivíduo interpretar o espectro luminoso. Ressaltamos que, para que o experimento obtenha um resultado satisfatório, é necessário que o anteparo seja branco, pois, devido à sua característica de refletir todas as cores, as sombras projetadas permanecerão com as mesmas cores incidentes, exceto nas regiões de sobreposição, como mostrado na **Figura 4.9**.

É preciso destacar que esses esquemas são limitados, pois normalmente se considera cada cor como se fosse única, o que não é verdade. Toda cor tem uma variedade de tons e graduação, inclusive o preto, que aqui não foi levado em conta.

Na linguagem dos físicos, luzes que se superpõem estão sendo adicionadas umas às outras. Assim, dizemos que as luzes vermelha, verde e azul adicionam-se para produzir a luz branca, e que quaisquer duas dessas três cores adicionam-se para produzir alguma outra cor. Variando as proporções de vermelho, verde e azul, [...] produz-se qualquer cor do espectro. Por essa razão, o vermelho, o verde e o azul são chamadas de cores primárias aditivas. Este sistema de cores, conhecido pelas iniciais inglesas RGB (Red-Green-Blue), é usado nos monitores de computador e de TV (HEWITT, 2015, p. 508).

Com o primeiro experimento pudemos verificar como se deu a metodologia POE: na primeira etapa, juntamente com a previsão foi pedido que respondessem o questionário sobre os conceitos de óptica de acordo com seus conhecimentos prévios. Na segunda etapa, a da observação, os estudantes após responderem o questionário observaram o evento, sendo instigados a comparar as suas previsões anteriores à realização da prática com o resultado observado por eles. Por último, na terceira etapa, a da explicação, na qual os participantes deveriam tentar explicar as diferenças entre o previsto e o observado. Destacamos que nenhum dos participantes soube explicar a respeito da formação das sombras e que desconheciam a respeito das cores primárias da luz.

É importante que o professor não interrompa a explicação dada pelos estudantes. Pois, o objetivo da metodologia POE é justamente tirar o foco do professor, que passa atuar como mediador das atividades. O estudante assume o papel principal no processo de aprendizagem, participando ativamente das aulas (FAGUNDES e SASAKI, 2019).

Somente após o levantamento das hipóteses e debates dos argumentos que o professor entra em cena de forma a contribuir com a “explicação científica”. Para (SANTOS E SASAKI, 2015, p. 6), “é o momento em que o modelo científico atual sobre o fenômeno é apresentada pelo professor. As previsões e explicações dos alunos são debatidas, bem como, seus comentários após terem suas previsões confrontadas pela

observação”. Dessa forma, a POE pôde ser apresentada em suas três etapas. Dessa forma, dando prosseguimento a SEI proposta.

Com o intuito de demonstrar como nossos olhos percebem as cores refletidas, apresentamos aos participantes uma simulação feita por uma plataforma interativa chamada *PHET*⁹, em que se permite demonstrar por meio da interação direta determinados conceitos com que se quer trabalhar. Na simulação, foi demonstrado como nosso cérebro interpreta ao vermos uma cor monocromática e quando observamos sobreposições de cores. Como mostra a **Figura 4.10**.



Figura 4.10: Interpretação do cérebro para a) cor monocromática, b) sobreposição das cores Vermelha e Verde e c) Soma de todas as cores.

Fonte: Adaptado de Visão de Cor. PhET Interactive Simulations. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_pt_BR.html>. Acesso em Fev. 2019.

Pudemos observar por meio das simulações como o cérebro interpreta quando acendemos apenas a lâmpada vermelha (**Figura 4.10a**), quando acendemos as lâmpadas vermelha e verde (**Figura 4.10b**) e quando acendemos as três lâmpadas: vermelha, verde e azul (**Figura 4.10c**) que, nas respectivas figuras, estão representadas por balões. Na primeira imagem, percebemos que não há diferença entre a cor emitida e a cor interpretada. Na segunda, notamos que o resultado da sobreposição está indicada por uma única cor, amarela. E na última, ao acendermos todas as lâmpadas, a interpretação gerada resulta na cor branca.

Esta simulação representa o sistema RGB (*Red, Green e Blue*), consideradas as cores primárias da luz, e que são também utilizadas em equipamentos eletrônicos como telas de computador, televisores e câmeras digitais, por exemplo.

No entanto, precisamos ressaltar que as misturas entre as cores primárias nem sempre resultarão nas mesmas observadas no experimento aplicado. Isso se deve às alterações das proporções de intensidade luminosa que cada lâmpada pode vir a emitir.

⁹PhET Interactive Simulations. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/_m/pt_BR/>. Acesso em Fev. 2019.

Esta variação também permite a criação de outras diversas cores, assim como mostra a **Figura 4.11**.



Figura 4.11: Interpretação do cérebro para as cores Vermelha e Azul quando tiverem na sua intensidade luminosa (a) máxima, (b) máxima para Vermelha e reduzida para a Azul e (c) reduzida para ambas as cores.

Fonte: Adaptado de Visão de Cor. PhET Interactive Simulations. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_pt_BR.html>. Acesso em Fev. 2019.

Pudemos observar por meio das simulações como o cérebro interpreta quando alteramos as proporções da intensidade luminosa para cada lâmpada. Quando mantemos a intensidade máxima para as lâmpadas vermelha e azul (**Figura 4.11a**), quando mantemos a intensidade máxima para a lâmpada vermelha e reduzimos para a metade a lâmpada azul (**Figura 4.11b**) e quando reduzimos para a metade a intensidade luminosa para ambas as lâmpadas (**Figura 4.11c**), que nas respectivas figuras estão representadas por meio de balões. Na primeira imagem percebemos que a cor resultante da sobreposição é a cor magenta. Na segunda, notamos que o resultado da sobreposição indica a cor rosa. E na última, ao reduzirmos a intensidade luminosa para ambas as lâmpadas a interpretação gerada resulta na cor violeta.

Destacamos que antes de efetuarmos cada etapa da simulação. Foi perguntado aos participantes sobre as resultantes de cada sobreposição. Assim, como na variação de cores quando alteradas as intensidades de cada lâmpada. As respostas dos estudantes foram bem próximas do que foi observado. Acredita-se que devido ao primeiro experimento da oficina os alunos tenham ficado mais atentos a respeito das sobreposições das cores luz.

É preciso ressaltar que essas sobreposições referem-se apenas às emissões de cores luz, pois, quando efetuamos o mesmo procedimento para anteparos ou corpos de diferentes cores, observamos resultados diferentes. Neste momento, foi perguntado aos participantes quais cores resultariam se misturássemos tintas das cores vermelha, verde e azul. As respostas novamente corresponderam a teoria científica. Como relatam (WEISSMÜLLER, PINTO e BISCH, 2010, p. 145-146):

A mistura de luzes é muito diferente da mistura de pigmentos. Se misturarmos pigmentos vermelho, verde e azul em iguais proporções, obteremos a cor preta e não a cor branca, como seria o caso da mistura de luzes. Este efeito varia muito de acordo com a qualidade das tintas, e o efeito final pode ser apenas um marrom bastante escuro. Isso ocorre porque os pigmentos têm um efeito subtrativo sobre a luz branca incidente, isto é, um pigmento é azul, por exemplo, porque absorve o verde e o vermelho e reflete o azul. Ao misturarmos as três cores, ocorrerá a absorção de todos os comprimentos de onda, e nada será refletido (WEISSMÜLLER, PINTO e BISCH, 2010, p. 145-146).

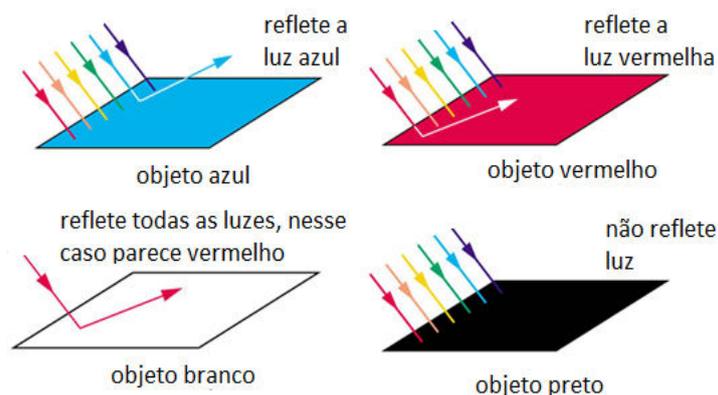


Figura 4.12: Absorção e reflexão da luz por corpos opacos.

Fonte: Adaptado de cor-luz e cor-pigmento. Khan Academy. Disponível em: <<https://pt.khanacademy.org/science/9-ano/materia-e-energia-as-ondas/as-cores/a/cor-luz-e-cor-pigmento>>. Acesso em Fev. 2019.

No grupo cor luz, as cores primárias são representadas por vermelho, verde e azul. A combinação destas três cores gera o branco, enquanto, a ausência gera o preto. Já no grupo cor pigmento, historicamente, as cores primárias eram conhecidas como vermelho, amarelo e azul. No entanto, com o passar do tempo, especialistas observaram que essa combinação era cientificamente incorreta (DELECAVE, 2011), definindo, portanto, as cores ciano, magenta e amarelo (*Cyan, Magenta e yellow*) como as cores primárias do pigmento.

A elas se junta o preto [*black*], que serve para dar contraste. Com apenas estas quatro cores, uma impressora é capaz de criar qualquer tonalidade. Neste padrão, a mistura é feita de forma subtrativa. Pois, conforme adicionamos pigmentos, uma quantidade menor de cores é refletida (DELECAVE, 2011, s/p, grifo nosso).

Tanto para as cores luz quanto para as cores pigmento há a existência de cores primárias que dão origem a outras cores (secundárias). A principal diferença é que a cor luz se dá pela emissão de energia (Soma), enquanto a cor pigmento se dá pela absorção

de energia que incide sobre o objeto, a qual se libera como remissão (Subtração). Como ilustrado na **Figura 4.13**.

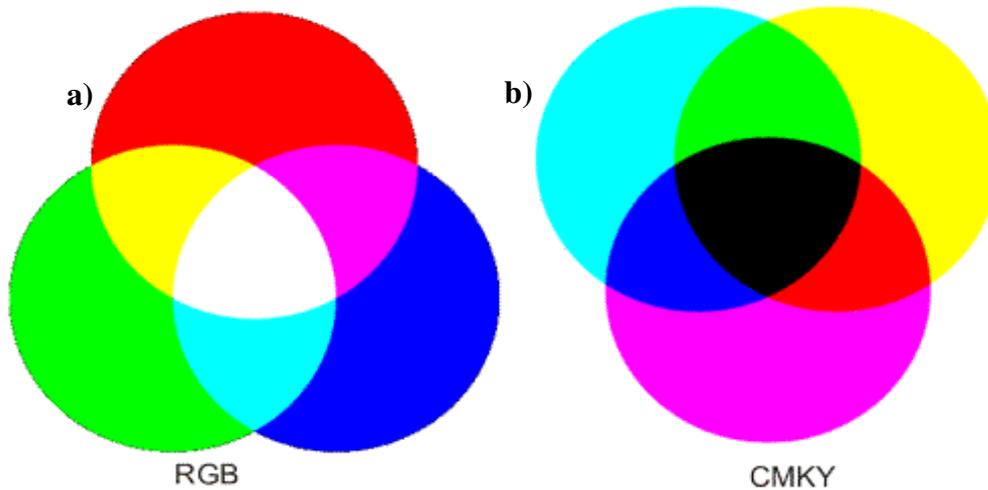


Figura 4.13: Cores Primárias (a) da Luz (emissão) e (b) do Pigmento (absorção).

Fonte: Adaptado de Mistura de cores nos padrões RGB e CMKY, (DECAVE, 2011). Disponível em: <<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1096&sid=9>>. Acesso em Fev. 2019.

Com o intuito de verificar o entendimento dos participantes quanto à diferença entre a cor luz e a cor pigmento, seguimos para a atividade seguinte que se resume em lhes apresentar uma imagem colorida, **Figura 4.14**, com a suposição de que nela estaria incidindo uma luz monocromática vermelha. O objetivo consistia em identificar quais cores resultariam em cada parte da figura.

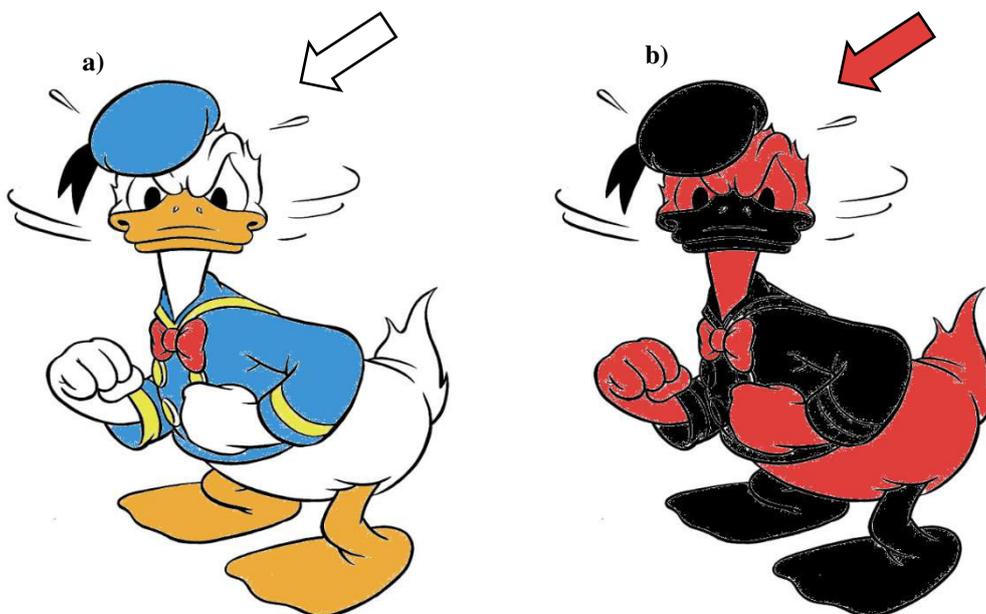


Figura 4.14: Cor da Imagem quando sobre ela se incide a luz (a) branca e (b) vermelha.

Fonte: Adaptado de Pato Donald para colorir. Disponível em: <<https://br.pinterest.com/pin/812477588995498142/>>. Acesso em Fev. 2019.

A representação do personagem nos mostra como observamos um corpo quando é iluminado por uma luz branca (**Figura 4.14a**) e quando está sob a iluminação de uma luz monocromática vermelha (**Figura 4.14b**). A primeira imagem possui as cores e tons conhecidos quando iluminados pela luz solar. Enquanto, sob a luz vermelha, percebemos muitas diferenças. A primeira são as penas que de brancas passam a ser apresentadas na cor vermelha. Isso se deve ao fato do corpo branco possuir a propriedade de refletir todos os raios que incidem sobre ele, como mostrado na Figura 8.13, refletindo, portanto, a luz monocromática incidente. A segunda percepção se encontra na boina e no uniforme que de azuis se apresentam pretos. A cor azul possui somente a capacidade de refletir sua cor, absorvendo a luz incidente. Portanto, não reflete nenhuma outra. A ausência de reflexão é representada pela cor preta que, pelo mesmo motivo, justifica a mudança de cores para o bico, as patas, os botões e as faixas amarelas da camisa, que não refletem a cor monocromática incidente, apresentando-se, desse modo, pretos. A faixa da boina não apresenta reflexão, devido ao fato do corpo negro possuir a propriedade de absorver todos os raios que incidem sobre ele, como também mostrado na **Figura 4.12**. Por fim, a gravata vermelha permaneceu com a mesma cor por refletir a luz incidente de igual comprimento de onda.

A escolha do personagem se deu pela necessidade de se apresentar alguma atividade que pudesse despertar a atenção dos participantes, enquanto se pretendia reforçar o conceito de cor luz e cor pigmento. Entre os personagens mais conhecidos da Disney, o Pato Donald possui uma vestimenta bem detalhada que para o uso didático pôde ser muito bem explorada. Observamos que a escolha foi bem sucedida, visto o interesse dos participantes e suas participações bastante animadas. Ressaltamos que a identificação das resultantes das cores pelos estudantes foi feita corretamente.

Em meio às discussões levantadas, a autora desta pesquisa trouxe para a Oficina um tema que se tornou polêmico alguns anos atrás. Tratava-se de uma fotografia de um vestido que circulou na internet em fevereiro de 2015. Aparentemente, o vestido se mostrava ora de uma cor, ora de outra. Assim como mostram as **Figuras 8.15a** e **8.15b**.

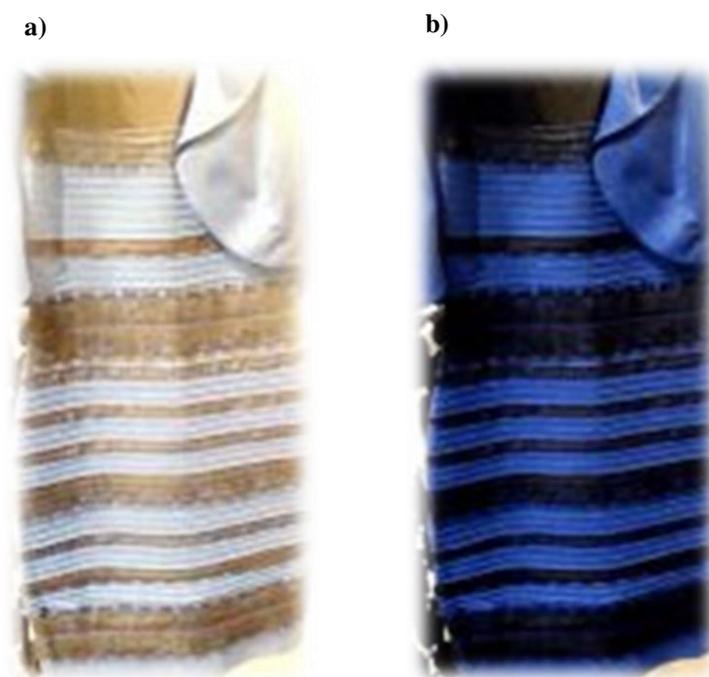


Figura 4.15: Fotografia do vestido polêmico visto nas cores (a) Branco e dourado e (b) Azul e Preto.

Fonte: Adaptado de Física na Veia – Qual a Cor do vestido? Disponível em: <<https://fisicanaveia.blogosfera.uol.com.br/2015/02/27/qual-e-a-cor-do-vestido/>>. Acesso em Fev. 2019.

Alguns afirmavam que era azul com preto, outros acreditavam que era branco com dourado. Na época, essa polêmica movimentou, inclusive, alguns artistas internacionais que participaram da enquete deixando suas impressões relacionadas ao vestido misterioso.

Com a intenção de saber o que os participantes achavam, a imagem foi apresentada e foi lhes dirigida a pergunta: “Então, qual cor vocês acham que é a verdadeira?”. Antes que pudessem relatar suas impressões foram passadas algumas considerações:

- 1) Ambas as imagens tratavam do mesmo vestido;
- 2) As diferentes cores foram observadas em um mesmo ambiente.

Após um breve tempo de observação, um dos participantes respondeu: (A36): “Acho que é branco e dourado, porque, como foi explicado agora, quando bate uma luz,

o branco do vestido reflete o azul e o dourado absorve. Então, a cor verdadeira é branco e dourado. Faz mais sentido¹⁰”.

E faz mesmo. A afirmação dada pelo participante demonstra que o conceito de cor luz e cor pigmento foi bem entendido. Se uma luz monocromática incide sobre um anteparo branco, este o reflete por ser a soma de todas as cores. E nas partes em dourado, o tecido absorve a cor azul, não refletindo nenhuma. Como não chega luz nenhuma aos nossos olhos, enxergamos preto. O posicionamento do primeiro estudante foi reforçado pela colega (A37): “Concordo! Até porque, se for tentar fazer o contrário não vai dar.” A participante referia-se à suposição de uma emissão partir de uma fonte de luz branca e o vestido, neste caso azul e preto, refletir as cores branca e dourada, o que realmente contraria as condições para radiações de emissão e absorção conhecidas.

A atividade promovida na oficina permitiu que se explorasse o que eles previram e o que eles observaram. Segundo (WHITE e GUNSTONE, 1992), o papel do professor neste momento é de incentivá-los a considerar todas as possibilidades em que possam pensar. “Esse incentivo é importante porque as explicações que os alunos oferecem nesta etapa revelam muito sobre sua compreensão” (WHITE e GUNSTONE, 1992, p. 46). Na metodologia POE esta etapa refere-se a “Explicação” (sem a intervenção do professor), em que os alunos são convidados a analisar o que foi visto e por em confronto o que foi previsto anteriormente com o que foi observado.

No entanto, para a surpresa de todos: as cores “verdadeiras” do vestido, de fato, eram azul e preto. A surpresa causou certo desconforto nos participantes. Essa diferença se deve muitas vezes ao ambiente, mas também à forma como enxergamos as coisas.

O instrumento óptico em questão aqui discutido seriam as lentes e filtros das câmeras fotográficas que, com o avanço da tecnologia, hoje possuem a capacidade de alterar a forma e iluminação dos objetos fotografados, por meio de sensores digitais baseados no efeito fotoelétrico, como já discutido anteriormente, o que permite escolher o tipo de luz ambiente, por exemplo. Abaixo segue um infográfico, demonstrando como se chegou à conclusão das cores verdadeiras.

¹⁰Informação obtida por meio de registro audiovisual durante a aplicação da atividade prática na Oficina de óptica durante a VIII Jornada de Biologia em 16 de fevereiro de 2019, no Polo Campo Grande da Fundação CECIERJ/ Consórcio CEDERJ, zona oeste do Rio de Janeiro – RJ.

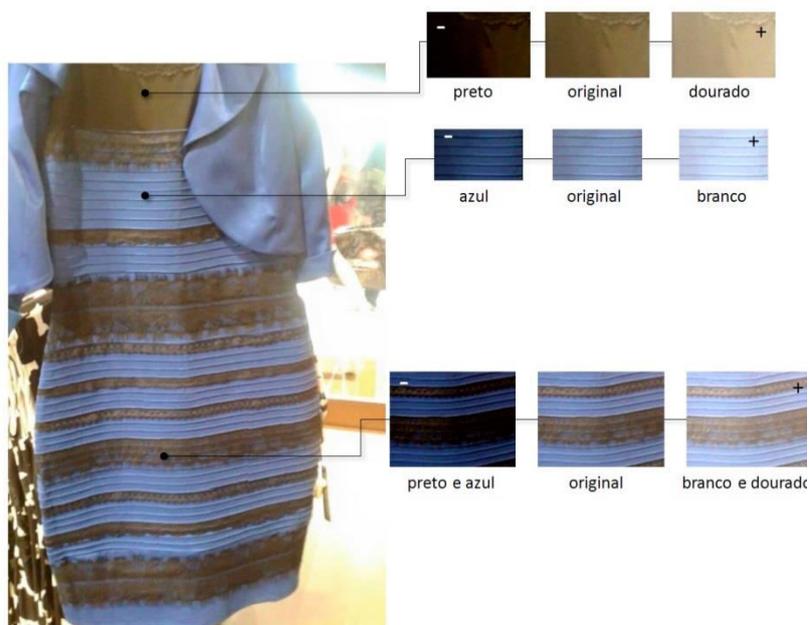


Figura 4.16: Infográfico a respeito da cor verdadeira do vestido misterioso.

Fonte: Adaptado de Física na Veia – Qual a Cor do vestido? Disponível em: <<https://fisicanaveia.blogosfera.uol.com.br/2015/02/27/qual-e-a-cor-do-vestido/>>. Acesso em Fev. 2019.

Segundo o autor do infográfico, a explicação se dá da seguinte maneira:

Note que o azul da imagem original, quando clareado, parece branco. Mas, quando escurecido, parece ser azul bem forte. Já o marrom original, escurecido, fica quase preto. Mas clareado lembra bastante um tom de dourado. O que eu fiz nas amostras acima, usando um software instalado no computador, é mais ou menos que o cérebro faz com a informação que recebe da retina via impulsos nervosos. O cérebro usa o próprio “software” dele que, infelizmente, não vem com manual de instruções. E por isso mesmo nos prega peças! (FÍSICA NA VEIA, 2015, s/p).

A “peça” mencionada diz respeito aos mecanismos ópticos. Quando vemos uma foto, como a do vestido, nosso cérebro “entende” que ela foi feita em baixas condições de iluminação, por este motivo, tenta “clareá-la”, dando brilho à imagem por conta própria. No entanto, ele também pode entender que a imagem foi feita com luz intensa e, por este motivo, pode tentar “escurecer” a imagem. Isso acontece porque nós humanos evoluímos para ver a luz do dia. Deste modo, nossos cérebros começaram a levar em conta o fato de que a luz muda de cor (FÍSICA NA VEIA, 2015).

Isto influencia a forma como vemos os objetos, que também acompanham a variação da cor da luz ao longo do dia. Logo, o cérebro tenta descontar o efeito da luz do Sol (ou outra fonte de luz) para chegar a uma cor “verdadeira”. Por isso, algumas pessoas veem azul no vestido, mas seus cérebros ignoram isso, atribuindo a cor azulada à fonte de luz, em vez de ao próprio vestido. Elas veem as cores Branco e Dourado. Os

cérebros dos outros atribuem o Azul que eles veem ao próprio vestido (FÍSICA NA VEIA, 2015).

A discussão em torno das variações de cor como enxergamos um mesmo objeto levou ao seguinte tópico da oficina: O Olho Humano.

Segundo Weissmüller, Pinto e Bisch, (2010, p. 132), “os olhos representam nosso órgão de sentido mais importante. Aproximadamente, 60% de toda a informação que provém do meio ambiente e que chega ao nosso cérebro é captada por meio dos olhos”, assim como aborda Almeida (2013, p. 136):

O principal instrumento óptico é para nós o olho. Os raios luminosos vêm do objeto e passam por uma membrana transparente, a **córnea**, onde sofrem uma primeira e importante refração (o índice de refração da córnea é semelhante ao da água); passam então por uma abertura denominada **pupila**, controlada pelos pequenos músculos da **íris** (que dá a cor dos olhos) e são finalmente focalizados com precisão por uma lente convergente, o **crystalino**, que forma uma imagem real sobre a superfície da **retina**, no fundo do olho. Terminações nervosas na retina enviam a informação da imagem ao cérebro (ALMEIDA, 2013, p. 136, grifo do autor).

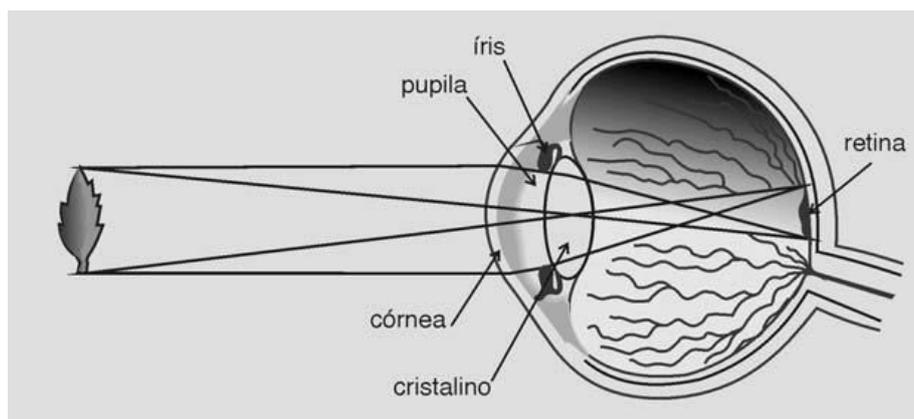


Figura 4.17: Esquema simples da formação de uma imagem no olho humano.

Fonte: Almeida (2013, p. 136)

Toda nossa interação com o mundo ao nosso redor se dá através de nossos sentidos ou de instrumentos que os ampliam. A percepção da luz está associada ao mecanismo da visão, que desempenha um papel crucial para a nossa representação da natureza, assim como aborda Almeida (2013, p. 3):

Há dois aspectos na compreensão do processo de visão: o aspecto imediato, no qual o olho funciona como um “detetor de luz” formando imagens, e o aspecto fisiológico e neurológico, da composição do olho e de como o cérebro interpreta os sinais luminosos percebidos pelos olhos (ALMEIDA, 2013, p. 3).

O livro-texto da disciplina ICF I trata o assunto a respeito das características da visão de forma bastante superficial, limitando-se ao estudo da formação de imagens por lentes e outros instrumentos ópticos. Quanto ao funcionamento básico do olho humano (ALMEIDA, 2013), busca discutir os defeitos de visão mais comuns sem se aprofundar em sua natureza fisiológica.

Os conteúdos relacionados ao estudo das lentes e funcionamento da visão, mesmo estando presentes no material da disciplina de ICF I, não são vistos por boa parte dos licenciandos como obrigatórios, visto que seus respectivos temas não estão inseridos em nenhuma prática laboratorial ou avaliação acadêmica, seja presencial ou a distância, embora sua leitura seja recomendada pela coordenação da disciplina.

A ausência de determinados temas pode reforçar deficiências de aprendizagem do futuro professor, principalmente, por caracterizarem-se como conteúdos básicos necessários para o estudo de disciplinas mais avançadas como a Biofísica e a Física IV A, por exemplo, pertencentes aos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas e Licenciatura em Física, respectivamente, assim como em diversas problemáticas que podem ocorrer em suas futuras práticas em sala de aula ao se depararem com temáticas que, quando não bem trabalhadas durante sua formação inicial, podem gerar construções de conceitos equivocados e/ou tratamentos puramente formalísticos.

Com o intuito de auxiliar na compreensão de tópicos relacionados à formação de imagens no olho humano, foi inserida na Oficina de óptica mais uma sequência de atividades que abordassem temas como funcionamento do olho humano, visão das cores e como as informações relacionadas às imagens são enviadas ao cérebro.

A sequência se iniciou com a apresentação e explicação de determinados componentes do olho humano, assim como suas principais funções. Como o tema central da oficina, tratou-se da visão das cores. À explicação, se seguiu a apresentação dos fotorreceptores presentes na retina, como abordam Weissmüller, Pinto e Bisch (2010, p. 132),

A retina possui dois tipos de células fotorreceptoras: os cones e os bastonetes. Quando a luz incide nestas células, uma cascata de reações leva-as a um estado eletricamente excitado, o que dá origem, finalmente, às sinapses, que levarão os sinais visuais até o cérebro (WEISSMÜLLER, PINTO e BISCH, 2010, p. 132).

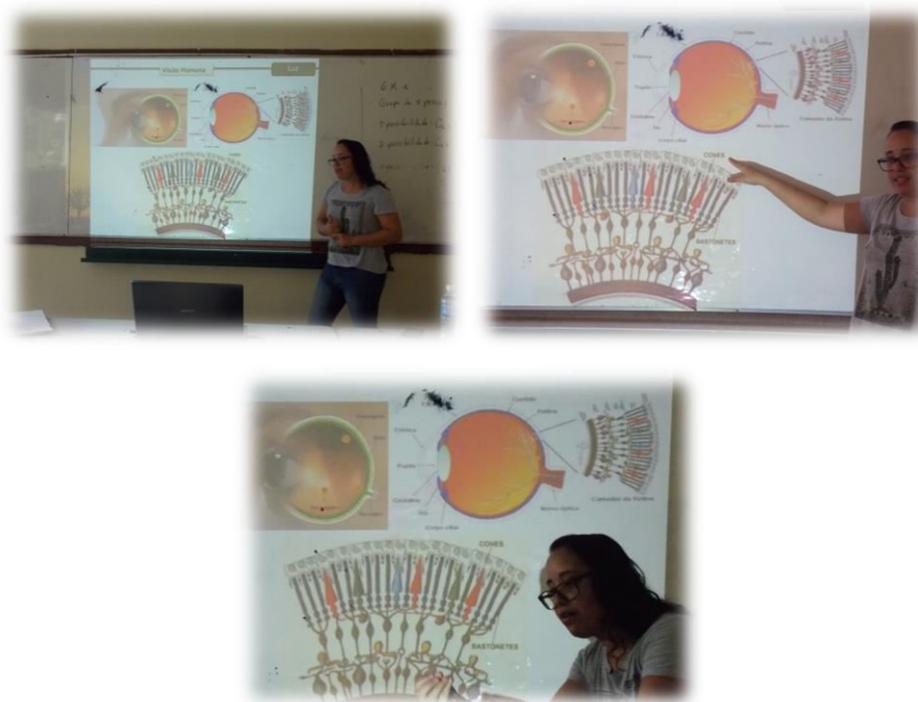


Figura 4.18: Apresentação e explicação dos principais componentes do olho humano.

Fonte: Fotografia da autora..

Os cones e os bastonetes são células especializadas para funcionar em condições muito diferentes de luminosidade: os bastonetes são muito mais sensíveis à luz e nos propiciam a visão na penumbra; os cones são menos sensíveis à luz e funcionam apenas com boa iluminação. Os cones se subdividem em três tipos, de acordo com a sua sensibilidade aos comprimentos de onda da luz: S, M e L (comprimentos de onda curto, médio e longo) (WEISSMÜLLER, PINTO e BISCH, 2010, p. 135).

Na literatura científica é muito comum encontrarmos células fotorreceptoras representadas nas cores que as denominam, assim como mostradas na **Figura 4.17** No entanto, “não significa que realmente tenham as cores que as nomeiam. Mas, sim uma afinidade com o comprimento de onda associado às suas regiões de absorção” (LORETO e SARTORI, p. 271). Com o intuito de auxiliar na compreensão quanto à função dos cones, fizemos uso novamente da plataforma interativa *PHET*. Na simulação, exemplificamos como um determinado cone atua diante das diferentes emissões de cores.

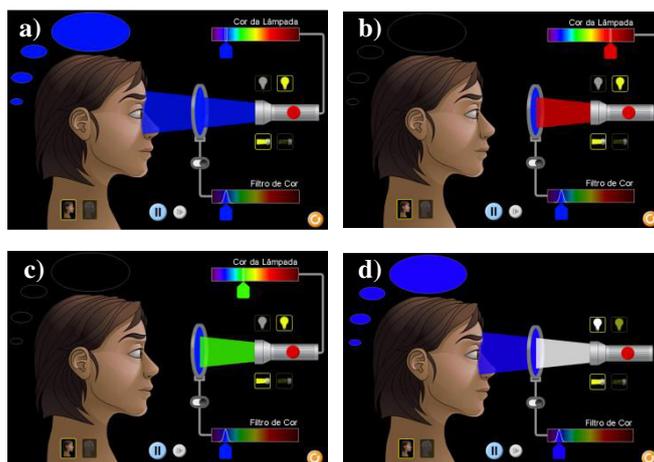


Figura 4.19: Atuação do cone azul para a luz a) azul e para a luz b) vermelha, c) verde e d) branca.

Fonte: Adaptado de Visão de Cor. PhET Interactive Simulations. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_pt_BR.html. Acesso em: fev. 2019.

Pudemos observar por meio das simulações como o cone da cor azul atua quando acendemos a lâmpada da cor azul (**Figura 4.19a**), quando acendemos a lâmpada da cor vermelha (**Figura 4.19b**), quando acendemos a lâmpada da cor verde (**Figura 4.19c**) e quando acendemos a lâmpada da cor branca (**Figura 4.19d**) que, nas respectivas figuras, estão representadas pela continuidade ou ausência do feixe de luz, assim como por meio de balões, cujas cores são resultados do envio ou ausência dos sinais da fotocélula ao cérebro. A simulação demonstra que o cone atua como uma espécie de filtro, deixando passar apenas o feixe de luz cujo comprimento de onda corresponde à sua região de absorção. Na primeira imagem percebemos que a luz azul passa completamente pelo filtro. Na segunda, notamos que a cor vermelha é impedida pelo filtro por não corresponder à sua região de absorção. Na terceira, observamos que mesmo ocorre para a cor verde. Enquanto na quarta, ao acendermos a lâmpada de cor branca o filtro permite a passagem apenas da cor azul. Isso demonstra que mesmo a emissão possuindo diferentes comprimentos de onda, o cone, ao ser sensibilizado, filtrará apenas aquele que corresponde à sua região de absorção. É importante ressaltar que o mesmo ocorre para cores sobrepostas, como para o ciano e para o magenta, por exemplo, resultantes das sobreposições das cores azul com verde e azul com vermelho, respectivamente, que, embora não absorva outras cores primárias, sua propriedade de absorção compreende suas cores secundárias.

Destacamos, novamente, que para cada etapa da simulação foi perguntado aos participantes sobre as resultantes das emissões. Destacando o papel dos cones durante a

absorção e o envio de informações para o cérebro. As respostas dos estudantes foram bem próximas do que foi observado. O que demonstra a atenção ao tópico apresentado.

A plataforma *PHET* é uma ótima ferramenta que, para o uso didático, auxilia bastante a explicação do professor. Principalmente, para os temas que requerem maiores níveis de abstração. Contudo, como todo programa, apresenta suas limitações, não permitindo, por exemplo, a demonstração de sobreposições de cores com uso de filtros, cabendo ao docente o uso de outras estratégias didáticas.

A respeito das Sequências de Ensino Investigativas é preciso ir além do conteúdo explorado pelo problema. Para Carvalho (2013, p.17), o ideal é que essas atividades “sejam aplicações interessantes do conteúdo que está sendo desenvolvido ou mesmo um aprofundamento em que serão introduzidos novos conceitos correlatados importantes para o desenvolvimento de novas SEIs”. Dessa forma, prosseguimos com o aprofundamento do tema.

O sistema visual é muito complexo. Segundo Loreto e Sartori (2008, p. 271),

Ondas luminosas (uma determinada gama de frequências da radiação eletromagnética) atingem células fotossensíveis da retina (considerada uma espécie de prolongamento ou extensão do cérebro até os olhos) a todo instante. A energia transportada por essas ondas sob a forma de pacotes, denominados fótons, é transformada em sinais elétricos codificados para serem decodificados pelo cérebro. Ocorre uma série de eventos físicos, biológicos e químicos (LORETO E SARTORI, 2008, P. 271).

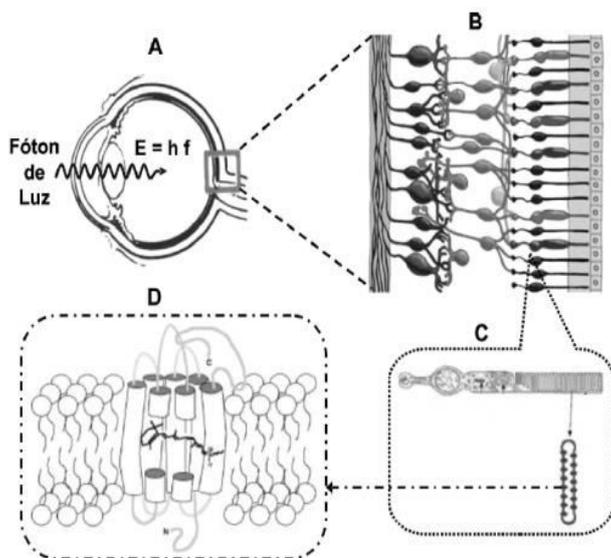


Figura 4.20: Esquema das estruturas envolvidas no sistema visual.

Fonte: (LORETO e SARTOTI, 2008, p. 272).

Na Figura 8.20 podemos observar, de forma esquemática, como é feito o envio de sinais elétricos para o cérebro. De forma bastante resumida: o fóton de luz incide sobre a retina (A), sensibilizando as células fotorreceptoras presentes na membrana (B). Em meio a esse emaranhado de células há uma proteína chamada Rodopsina (C) que, ligada a um radical diferente, o Retinal (derivado da vitamina A) (D), lhe confere a capacidade de fotoabsorção (WEISSMÜLLER, PINTO e BISCH, 2010).

As células presentes na membrana são denominadas de fotorreceptores por possuírem a capacidade de converter a energia luminosa em impulsos elétricos, os quais são enviados ao córtex cerebral. Ao considerarmos a região do espectro luminoso visível ao ser humano, verificamos que seus limiares máximos e mínimos estão compreendidos nas faixas de comprimento de 700 nm a 400 nm, respectivamente, segundo (LORETO e SARTORI, 2008).

Se considerarmos, $v = \lambda f \quad \therefore \quad f = \frac{c}{\lambda}$, em que f é a frequência, c é a velocidade da luz no vácuo e λ é o comprimento de onda, podemos calcular para $\lambda = 700 \text{ nm}$ da seguinte maneira:

$$f = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{700 \times 10^{-9} \text{ m}} = 4,28 \times 10^{14} \text{ Hz ou } 428 \text{ THz.} \quad (4.1)$$

Do mesmo modo, para $\lambda = 400 \text{ nm}$, temos:

$$f = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{400 \times 10^{-9} \text{ m}} = 7,50 \times 10^{14} \text{ Hz ou } 750 \text{ THz.} \quad (4.2)$$

A energia do fóton é determinada multiplicando-se sua variável f pela Constante de Planck h . Deste modo, para $4,28 \times 10^{14} \text{ Hz}$, temos:

$$E = hf = 4,28 \times \frac{10^{14}}{\text{s}} \cdot 6,63 \times 10^{-34} = 2,84 \times 10^{-19} \text{ J.} \quad (4.3)$$

Do mesmo modo, para $7,50 \times 10^{14} \text{ Hz}$, encontramos:

$$E = hf = 7,50 \times \frac{10^{14}}{\text{s}} \cdot 6,63 \times 10^{-34} = 4,97 \times 10^{-19} \text{ J.} \quad (4.4)$$

Convertendo em termos de elétron-volt ($1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$), as energias para um fóton de luz será de, aproximadamente, $1,77 \text{ eV}$ e $3,11 \text{ eV}$, respectivamente. Valores que se situam abaixo ou acima desse intervalo não promovem reação nos fotorreceptores da retina sendo, portanto, invisíveis (LORETO e SARTORI, 2008). Desse modo, sendo invisíveis ao olho humano. É preciso ressaltar que os valores podem variar dependendo do referencial adotado.

As informações que se seguem representam a absorção relativa da luz para cada tipo de cone, assim como a codificação de sinais elétricos a partir de sua interpretação.

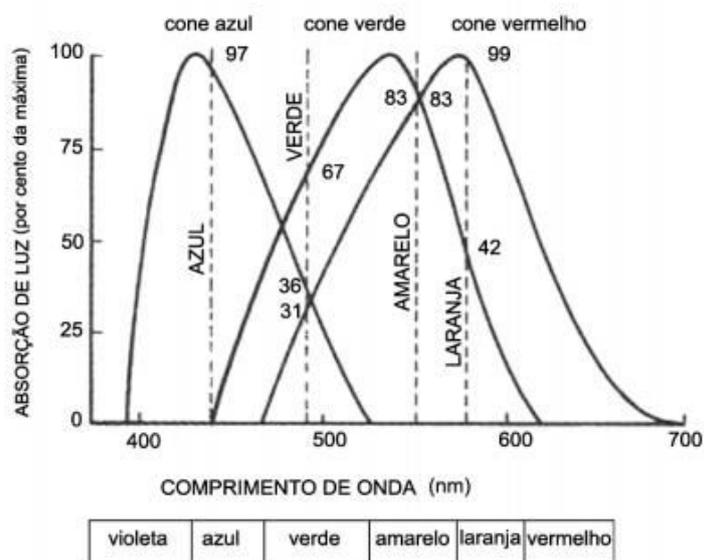


Gráfico 4.15: Referente à área de absorção relativa de luz para cada tipo de cone em função do comprimento de onda incidente.

Fonte: (GUYTON; HALL, 1988, p. 370 *apud* LORETO e SARTORI, 2008, p. 274).

Tabela 4.2: Interpretação codificada de algumas cores pelas diferentes sensibilizações dos três tipos de cones.

| Propriedade | Tipo de Fotocélula | | | Cor Interpretada (combinação dos três) |
|-----------------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|
| | Cone Azul ou Pigmento 424 | Cone Verde ou pigmento 530 | Cone Vermelho ou Pigmento 560 | |
| Absorção de luz (% da Luz Máxima) | 97 | 00 | 00 | Azul |
| | 36 | 67 | 31 | Verde |
| | 00 | 83 | 83 | Amarelo |
| | 00 | 42 | 97 | Laranja |

Fonte: (LORETO e SARTORI, 2008, p. 274).

De forma a promover uma melhor compreensão a respeito dos mecanismos da visão, foi realizado junto aos participantes o penúltimo experimento: Simulador de Visão das Cores, cuja prática foi baseada no artigo de Loreto e Sartori (2008). Seus materiais estão listados no capítulo Metodologia.

No artigo de referência, os autores propuseram como objetivo principal “verificar como funciona o mecanismo de codificação e decodificação das cores” (LORETO e SARTORI, 2008, p. 285) de forma que pudessem promover uma melhor

compreensão desses mecanismos e das funções de alguns dos principais elementos envolvidos. Assim como os autores, neste trabalho também não detalharemos toda “anátomo-fisiologia e a cascata de reações, mudanças e interações que ocorrem nesse intrincado processo” (*Ibid.*). A principal diferença entre sua metodologia com a apresentada nesta dissertação está na participação ativa do estudante. Em que os próprios alunos possuem a oportunidade de manipular o aparato, realizar as medidas e discutir os resultados com seus pares. Dessa forma, permitindo a passagem da ação manipulativa para a construção intelectual do conteúdo (CARVALHO, 2013).

Para que a experiência pudesse ser realizada, foi preciso que no interior de uma bola oca de isopor fossem instalados, em lados opostos, um resistor LDR e um conector para LED (1), ligado a um resistor de 1/8 W e a um suporte para pilhas AA (2). Diferente do experimento apresentado por Loreto e Sartori (2008), instalamos um interruptor, com o intuito de facilitar seu manuseio (3). O multímetro foi conectado às hastes do resistor LDR com prendedores tipo “jacaré” (4), e seu seletor colocado na faixa de 200 k Ω . Como mostra a **Figura 4.21**.

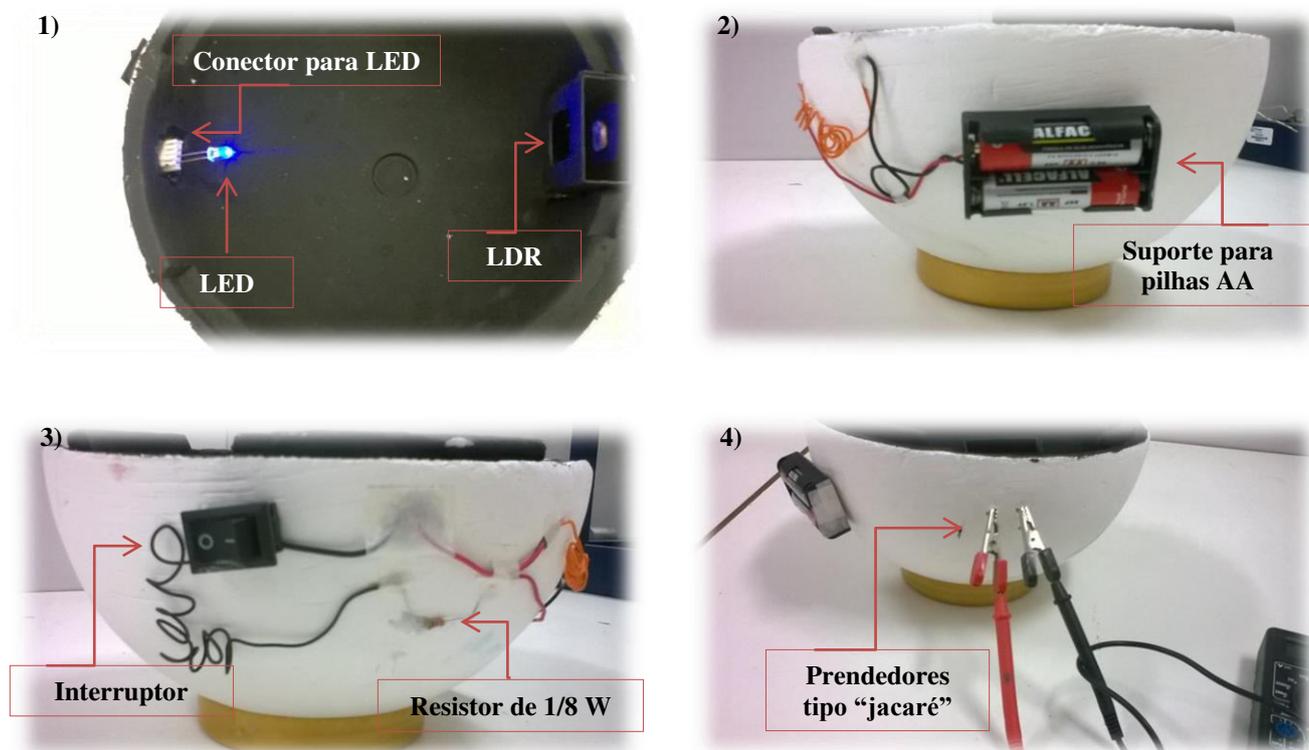


Figura 4.21: Simulador de Visão de Cores.

Fonte: Fotografia da autora. Adaptado de Loreto e Sartori (2008).

Ressaltamos que não possuímos o intuito de apresentar toda a instalação do aparelho, visto que as informações quanto aos detalhes de sua montagem e os valores de resistências podem ser consultados no texto de referência¹¹.

De forma bem resumida, o experimento funciona ligando cada LED por vez. Para cada luz emitida é preciso que se registrem, com o uso do multímetro, as medidas sem o filtro e depois com um filtro de cada cor, de forma a se obterem os códigos de simulação visual. Com o intuito de diminuir a interferência da luz externa, o aparato foi coberto por TNT preto nos momentos da coleta de dados. Como mostra a **Figura 4.22**.

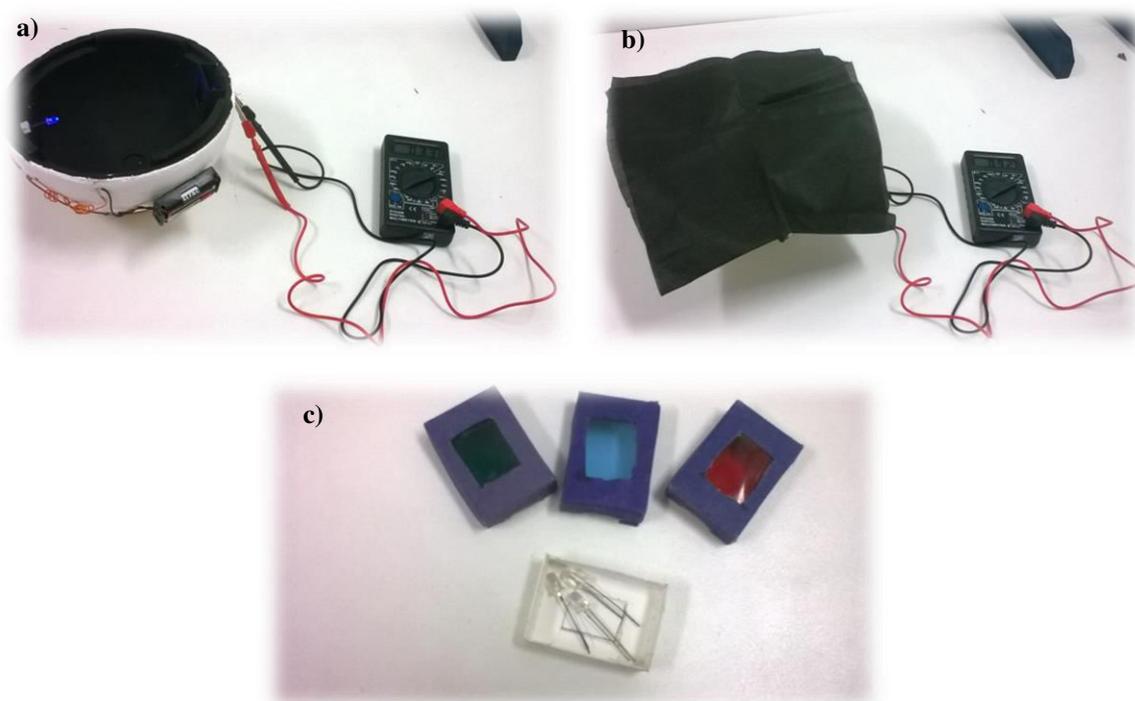


Figura 4.22: Imagem a) da montagem do simulador, b) do registro de dados pelo multímetro e c) dos filtros nas cores Verde, Azul e Vermelho.

Fonte: Fotografia da autora. Adaptado de (LORETO e SARTORI, 2008).

Para a atividade, iniciamos com o LED de cor azul, direcionando a sombra luminosa sobre o LDR. Era necessário que se fizessem os ajustes necessários para que a maior parte da sombra luminosa incidisse sobre o resistor. Primeiramente foi coletada a medida sem o filtro e depois com um filtro de cada cor. O mesmo procedimento foi realizado para os LED das cores vermelha e verde. Buscamos utilizar o mesmo material apresentado pelo modelo de referência: filtro “gelatina”. Contudo, é preciso ressaltar que tal material possui um valor acima do considerado “baixo custo”. Embora seja de

¹¹ LORETO, E. L.; SARTORI, P. H. Simulação da visão das cores: decodificando a transdução quântica-elétrica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 266-286, 2008.

fácil acesso, é preciso considerar a dificuldade em adquirir determinados materiais, visto que alguns somente podem ser encontrados em lojas especializadas, que talvez nem sempre se localizam próximas à residência ou ao local de trabalho do professor que, mesmo adquirindo via *online*, possui a necessidade de se atentar às diferentes nuances de cores que cada fabricante oferece o que podem gerar resultados distintos do referencial adotado. Para essa situação, sugere-se a adaptação com outros tipos de materiais transparentes. O procedimento de montagem, registro e medidas podem ser conferidas na **Figura 4.23**.

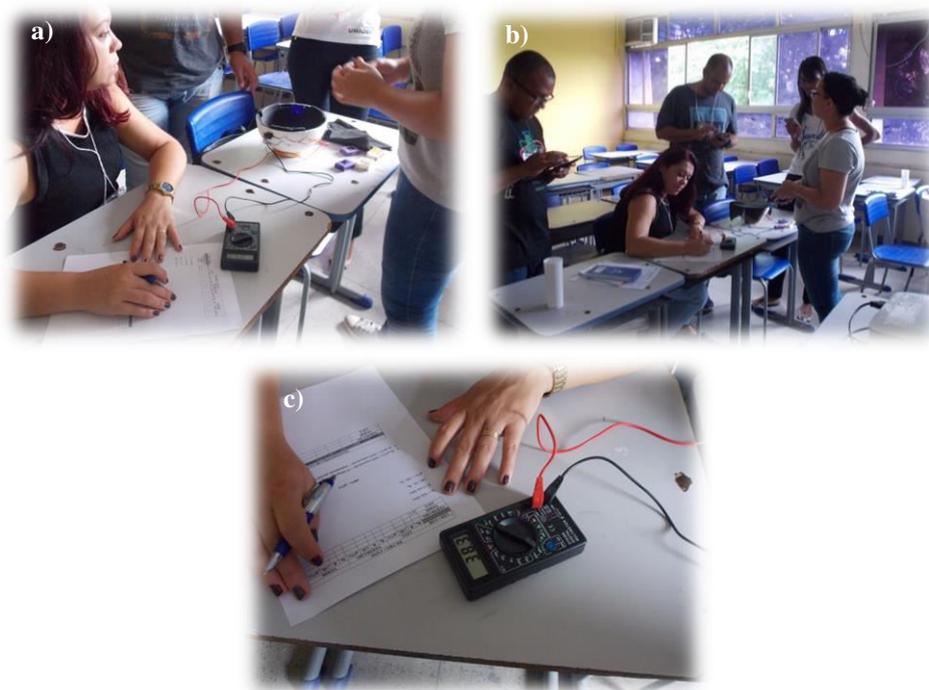


Figura 4.23: Etapas de (a) explicação e montagem, (b) cálculo dos dados e (c) registro das medidas.

Fonte: Fotografia da autora.

Com as medidas registradas pelo multímetro pudemos montar a seguinte tabela:

Tabela 4.3: Dados de resistência elétrica em k Ω coletados durante a simulação.

| LED = COR | R ₀ | FILTRO = CONE | | | | | | | | |
|-----------|----------------|---------------|----------|-------|-------|----------|-------|----------|----------|-------|
| | | AZUL | | | VERDE | | | VERMELHO | | |
| | | R | \Delta R | p (%) | R | \Delta R | p (%) | R | \Delta R | p (%) |
| AZUL | 5,5 | 7,8 | 2,3 | 42 | 21,4 | 15,9 | 289 | 1,0 | 4,5 | 82 |
| VERMELHA | 2,1 | 3,5 | 1,4 | 67 | 1,0 | 1,1 | 52 | 2,3 | 0,2 | 9 |
| VERDE | 9,3 | 14,2 | 4,9 | 53 | 43,4 | 34,1 | 367 | 1,0 | 8,3 | 89 |

Fonte: Dados da Pesquisa.

Foram consideradas as seguintes variantes:

R_0 = Resistência medida sem filtro;

R = Resistência medida com filtro;

$|\Delta R| = R - R_0$ = Diferença de resistência elétrica observada com e sem filtro;

$p = |\Delta R| / R_0$ = Percentual da diferença da resistência elétrica observada com e sem filtro em relação ao valor de referência R_0 (Resistência medida sem filtro).

O valor de R registrado pelo multímetro refere-se ao quanto de energia luminosa foi bloqueada pelo filtro que, segundo (LORETO e SARTORI, 2008, p. 282), indica “quanto de luz seria aproveitada pelo cone, ou seja, o quanto ele foi “sensibilizado””.

No entanto, o objetivo do simulador é descobrir o quanto de luz é transmitido para o córtex cerebral. Para isso, é preciso que se façam alguns ajustes e convenções, de forma que o simulador se aproxime ao sistema visual real.

Portanto, com base em (LORETO e SARTORI, 2008), foram adotados os seguintes critérios de interpretação:

Quadro 4.1: Critérios para interpretação dos dados obtidos e convenção para o desempenho dos filtros.

| Desenho dos Filtros | Convenção | Interpretação Proposta |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Absorção = $p\%$ Transmissão = $100\% - p\%$ | Se $p \geq 100\%$ Transmissão = 00 (“bloqueio total” da luz) | Cone não é sensibilizado; não há propagação do estímulo (sinal codificado) |
| | Se $p < 100\%$ Transmissão = $100 - p$ (%) (“passagem parcial” da luz) | Cone é sensibilizado; há propagação do estímulo (sinal codificado) |

Fonte: Adaptado de Loreto e Sartori (2008, p. 282).

Como pudemos observar no **Quadro 4.1**, a variante p (%) representa o quanto de absorção foi registrado. Logo, se o valor for maior ou igual a 100% ocorreu o bloqueio total da luz, não havendo, portanto, transmissão de sinais elétricos ao cérebro. No entanto, se o valor de p (%) for menor que 100% houve uma parcela de transmissão. Neste caso, o cérebro recebe sinais elétricos enviados pelas células fotorreceptoras. Aplicando os critérios e as convenções acima estabelecidos, obtemos os códigos de sensibilização das cores azul, vermelha e verde para cada tipo de cone (filtros).

Tabela 4.4: Aplicação dos critérios de interpretação dos dados.

| LED = COR | FILTRO = CONE | | | | | |
|-----------|---------------|------------------|-------|--------------------|----------|------------------|
| | AZUL | | VERDE | | VERMELHO | |
| | p (%) | Convenção | p (%) | Convenção | p (%) | Convenção |
| AZUL | 42 | 100 – 42 = 58 | 289 | $\geq 100 =$ 00 | 82 | 100 – 82 = 18 |
| VERMELHA | 67 | 100 – 67 = 33 | 52 | 100 – 52 = 48 | 9 | 100 – 9 = 91 |
| VERDE | 53 | 100 – 53 = 47 | 367 | $\geq 100 =$ 00 | 89 | 100 – 89 = 11 |

Fonte: Dados da Pesquisa. Adaptado de Loreto e Sartori (2008).

Com os dados tabelados, pudemos comparar os códigos obtidos do simulador com os códigos apresentados pelo referencial adotado a respeito do sistema visual humano.

Tabela 4.5: Aplicação dos critérios de interpretação dos dados pelo referencial adotado.

| LED = COR | FILTRO = CONE | | | | | |
|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|
| | AZUL | | VERDE | | VERMELHO | |
| | Sistema Visual | Simulação | Sistema Visual | Simulação | Sistema Visual | Simulação |
| AZUL | 97 | 58 | 00 | 00 | 00 | 18 |
| VERMELHO | 00 | 33 | 00 | 48 | 50 | 91 |
| VERDE | 36 | 47 | 67 | 00 | 31 | 11 |

Fonte: Dados da Pesquisa. Adaptado de Loreto e Sartori (2008).

Pudemos observar que entre os LED utilizados, a cor azul foi a que melhor correspondeu aos dados esperados. Ao incidir a luz sobre o filtro verde, obtivemos o bloqueio total da transmissão da luz, o que corresponde com o referencial adotado. Ao trocarmos o filtro para a cor vermelha, observamos uma passagem de luz que, embora não corresponda aos mesmos dados do **Gráfico 4.15**, pode ser considerada aceitável por sua transferência ter sido baixa. A respeito do filtro azul, ao compararmos com os outros anteriores, mostrou-se ser maior a absorção, que para um simulador foi aceitável.

Para a cor vermelha, verificamos que houve transferência para todos os filtros, o que nos indica que sua intensidade luminosa pode ser maior que a dos outros LED. Para o filtro vermelho, foi a maior absorção de energia observada.

Em relação à emissão da luz verde, percebemos que foi a que menos correspondeu aos dados do gráfico. Para o filtro vermelho, sua transmissão correspondeu a menos da metade do valor esperado. Para o filtro azul, embora seu valor seja baixo, se aproxima um pouco da referência. Para o filtro verde, suas medidas indicaram “Bloqueio total”, o que não deveria ter ocorrido, visto que para o filtro de igual cor seu valor ao atravessá-lo deveria apresentar valor máximo entre os demais. Como o LED verde apresentou ser o de intensidade mais baixa em relação aos outros, na tentativa de se realizar uma nova medida, trocamos a lâmpada LED por outra de igual cor. No entanto, o bloqueio ocorreu novamente, indicando, portanto, que o filtro utilizado para corresponder ao cone verde possuía a propriedade de reflexão maior do que a de absorção para esse comprimento de onda.

É certo que os resultados podem variar de um simulador para outro. Principalmente, se levarmos em consideração a diversidade de gráficos relacionados à absorção de luz publicados na literatura científica. Para isso, a escolha dos materiais, assim como seus ajustes, deve ser compatível com os dados que se quer comparar.

Embora o aparato experimental apresente certa complexidade em sua montagem, o manuseio ocorreu de forma bem independente por parte dos participantes. Vale lembrar que conhecimentos prévios a respeito da interação da luz com a matéria, instrumentos ópticos e formação de imagens por lentes foram apreendidos na disciplina de Introdução às Ciências Físicas I, assim como em disciplinas mais específicas do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, como a Biofísica da Visão. Os cálculos referentes à conversão de unidades e parâmetros convencionais também fazem parte da ementa da disciplina básica Introdução às Ciências Físicas II. Deste modo, a compreensão a respeito da formação de imagens no olho humano e quanto à decodificação de sinais elétricos enviados ao cérebro pôde ser facilmente entendida.

É importante ressaltar que o experimento permite diversas abordagens e desdobramentos, como construção de gráficos a partir dos dados coletados para posterior comparação com o modelo teórico adotado, assim como na leitura de sombras resultantes da sobreposição de cores, verificando, por exemplo, a leitura da cor amarela pura com a sobreposição das cores verde e vermelha, que infelizmente, para o tempo

disposto para esta Oficina, não pôde ser desenvolvida, o que nos sugere, futuramente, novas aplicações em forma de minicurso, por exemplo.

Apesar das aproximações dos dados com a teoria adotada, foram percebidas algumas divergências entre os valores coletados. O objetivo inicial era apresentar aos alunos como nosso sistema codifica e decodifica os sinais elétricos vindo das emissões luminosas que atingem nossos olhos. Comparando a sequência de códigos obtida, verificamos que o filtro verde não correspondeu às leituras esperadas. No entanto, serviu como gancho para o assunto posterior ao experimento: Daltonismo que, segundo (WEISSMÜLLER, PINTO e BISCH, 2010, p. 142),

[...] é uma deficiência na produção de um ou mais pigmentos que resultam em diferentes graus de dificuldade na percepção de cores. Estas deficiências, geralmente hereditárias, são conhecidas como DALTONISMO. [...] É uma disfunção predominantemente hereditária com prevalência diversa entre homens (aproximadamente 7%) e mulheres (menos de 1%) e entre diferentes grupos étnicos. A forma mais comum (6%) resulta de uma alteração no pigmento do cone M, que diminui a capacidade de percepção de cores na faixa da cor verde (WEISSMÜLLER, PINTO e BISCH, 2010, p. 142, grifo nosso).

Coincidentemente, foi o que ocorreu na simulação relacionada ao filtro verde, possibilitando uma breve discussão a respeito desse tipo de disfunção. Para exemplificar, foi apresentada uma figura com diferentes tipos de daltonismo. O objetivo foi desmistificar que um indivíduo daltônico “troca cores”, mas que as percebem em tons diferentes, uma vez que se tornaria difícil para um indivíduo que nunca viu uma determinada cor “trocar” por outra que consiga enxergar. Na figura também foi possível observar que, dependendo do cone afetado, outras cores também sofrerão alterações, visto que as cores primárias dão origem às diversas outras, como o amarelo, por exemplo, resultante da sobreposição das cores verde e vermelho.

Com o intuito de dar aos participantes a oportunidade de verificar seus conhecimentos foi apresentada a **Figura 4.24**, na qual pode-se observar diferentes alterações para cada tipo de daltonismo.



Figura 4.24: Tipos de Daltonismo.

Fonte: Elaborado pela autora com base em: <<http://www.garotasgeeks.com/voce-ficara-encantado-ao-ver-como-pessoas-com-daltonismo-enxergam-o-mundo/>>. Acesso em Fev. 2019.

Para esta atividade foi perguntado aos participantes se eles conheciam os diversos tipos de daltonismo e se conseguiam identificar quais cones foram afetados em cada parte da figura.

Como pudemos verificar, existem diferentes tipos de daltonismo que afetam também outras cores. Entre eles, temos a Deuteranomalia (deficiência no cone verde), que como já explicado, é a forma mais comum entre as deficiências. Na **Figura 4.24b** podemos verificar que as cores vermelha e verde quase não se distinguem. No lugar delas as pessoas enxergam tons de amarelo, laranja e bege. Enquanto, a cor azul não é afetada. Isso se deve ao fato de seus cones serem insensíveis somente ao comprimento de onda médio, responsável pela cor verde. A Protanopia (deficiência no cone vermelho) é causada pela insensibilidade de comprimentos de ondas longos. Dessa forma a **Figura 4.24c**, apresenta alteração da cor vermelha para os tons de bege e amarelo. Neste caso, percebemos que a cor verde também se altera. Já a Tritanopia (deficiência no cone azul), que é quando as pessoas possuem insensibilidade aos comprimentos de ondas curtos. Neste caso, as cores azul e verde podem ser confundidas e aparecerem como leves tons de vermelho, como mostra a **Figura 4.24d**.

Percebe-se que não são apenas as cores primárias a serem afetadas pelas deficiências, mas também uma gama de cores entre suas secundárias, terciárias e/ou

complementares. Foi também mencionada a cegueira de cores, conhecida como Acromia, na qual o indivíduo enxerga apenas diferentes tons de branco, preto e cinza.

A participação dos alunos foi bastante ativa, pois mesmo desconhecendo a variedade de alterações que esta deficiência pode provocar ficaram um bom tempo tentando descobrir quais cores haviam sido “trocadas” em cada uma. Um dos alunos observou que a Tritanopia (deficiência no cone azul) é a que apresentava maior gama de cores afetadas. Segundo ele: “É a que ficou com mais cores diferentes” (A39)¹². No entanto, quando foi perguntado o “por que” disso acontecer o estudante não soube responder. Neste caso, retomamos a tabela 8.2, em que pudemos verificar a cor interpretada pelo nosso cérebro a partir da absorção da Luz para cada tipo de fotocélula. Para enxergarmos a cor azul precisamos apenas que o cone responsável pela absorção de comprimentos de ondas curtas seja sensibilizado. Contudo, caso haja deficiência nesta célula fotorreceptora, a cor verde também será prejudicada, visto que para que ela seja interpretada o cone azul também precisa ser sensibilizado. Uma vez que as cores primárias não podem ser visualizadas, suas secundárias e complementares também sofrerão alteração. Como foi observado para a cor amarela da Figura 8.24d. Uma explicação semelhante também ser dada para a alteração da cor verde na Figura 8.24c. Visto que a cor verde também é dependente da absorção parcial de seu comprimento de onda pelo cone vermelho. Vale ressaltar que a dependência dos cones azul e vermelho para a absorção parcial da cor verde também pôde ser verificada no experimento do simulador de visão, nos valores referentes à aplicação dos critérios de interpretação dos dados pelo referencial adotado na **Tabela 8.5**.

Esta atividade apresentou um caráter muito significativo na aprendizagem dos participantes, pois permitiu que eles observassem a aplicação direta da teoria no experimento e vice-versa. Segundo Carvalho (2013, p. 42), atividades como essa “oportunizam a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual, na qual os conhecimentos prévios são tomados como hipóteses a serem testadas durante o manuseio do experimento”.

Em seguida, apresentou-se um teste conhecido como “Teste de Ishihara”, um exame no qual se procura verificar se o indivíduo possui ou não daltonismo,

¹² Informação obtida por meio de registro audiovisual durante a aplicação da atividade prática na Oficina de Óptica durante a VIII Jornada de Biologia em 16 de fevereiro de 2019, no Polo Campo Grande da Fundação CECIERJ/ Consórcio CEDERJ, zona oeste do Rio de Janeiro – RJ.

procedimento muito comum em alguns processos de admissão para concursos públicos, como as carreiras de magistério e militar, por exemplo.

O teste funciona perguntando ao indivíduo se ele consegue “Ler” os números ou símbolos nas imagens coloridas. Ver **Figura 4.25**. Caso, a pessoa apresente alguma dificuldade o médico poderá pedir um acompanhamento mais minucioso.

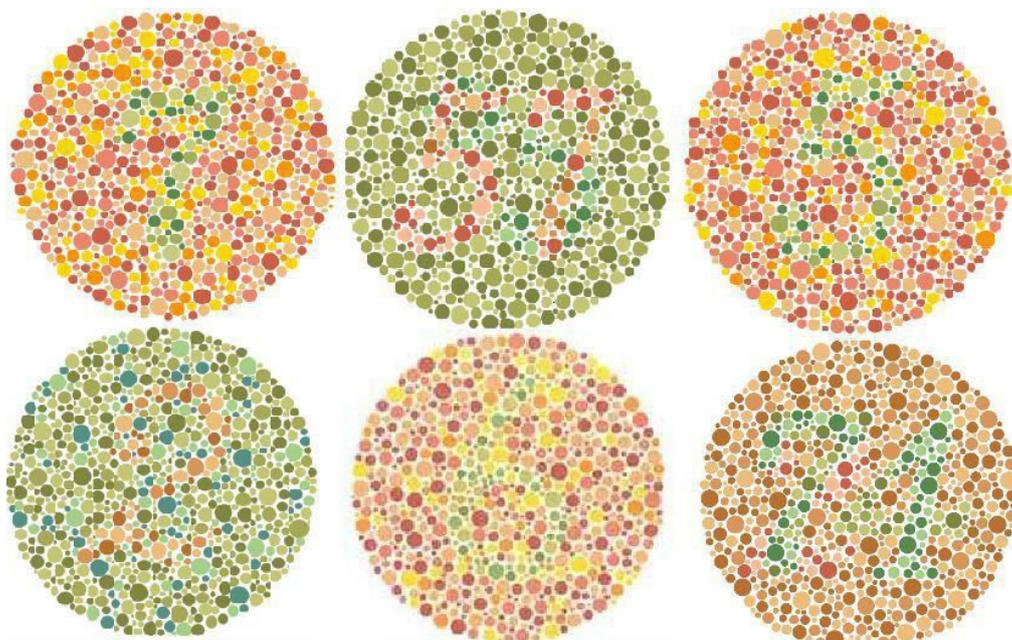


Figura 4.25: Teste de Ishihara.

Fonte: Elaborado pela autora com base em: <<http://www.daltonicos.com.br/daltonico/teste.html>>. Acesso em Fev. 2019.

A discussão a respeito do Teste de Ishihara proporcionou um momento de descontração em que relataram, por exemplo, o alívio por não terem tido nenhuma dificuldade em descobrir os números escondidos que, a propósito, seguiram a sequência: 7 (sete); 57 (cinquenta e sete); 5 (cinco); 2 (dois); 6 (seis); 74 (setenta e quatro). Outros tópicos envolvendo a visão de cores também foram debatidos, como a possibilidade de alguns animais e insetos terem a mesma capacidade de distinção visual.

Segundo Bonjorno *et al.* (2013), o sistema visual animal possui alto grau de complexidade, pois as variantes dependem não apenas da espécie como da própria classe à qual pertencem.

Cachorros e gatos, por exemplo, possuem apenas dois tipos distintos de cones. Portanto, eles enxergam o mundo colorido, mas não do mesmo modo que o ser humano. Eles discriminam centenas de tonalidades de cinza que, para nós, seres humanos, parecem apenas um tom. Enxergam também na penumbra, além de terem a capacidade de perceber movimentos (BONJORNO *et al.*, 2013, p. 209).



Figura 4.26: Diferença entre a visão de cores vista pelo ser humano e por um cachorro.

Fonte: Elaborado pela autora com base em: a) < <http://www.ossosoficio.com.br/cores-que-seu-cachorro-enxerga/> > e b) < <https://tudosobrecachorros.com.br/visao-dos-caes/> >. Acesso em Fev. 2019.

Com base no que foi realizado na oficina foi apresentado aos participantes a **Figura 4.26a** em que se pôde observar a diferença entre o espectro de cores visíveis para o ser humano e para o cachorro. No qual, a visão é percebida a partir de um sistema com apenas dois cones. No caso, a visão do cachorro está limitada apenas à sensibilização dos cones para os comprimentos de ondas azul e amarelo, não podendo distinguir, por exemplo, a cor vermelha. Vale lembrar que sua visão também pode distinguir cores que resultem da sobreposição das duas primeiras cores. A partir dessa explicação foi perguntada aos alunos quais cores um cachorro enxergaria se lhe fosse mostrado uma bolinha da cor amarela e outra vermelha? A resposta recebida pelos participantes correspondeu ao que foi mostrado pela **Figura 4.26b**. Por ser sensível a cor amarela, a cor dessa bolinha não se alteraria. Contudo, pela falta de sensibilização ao comprimento de onda vermelho, cores que correspondem a essa região do espectro não seriam vistas pelo animal, que passa então a enxergá-las em tons de cinza.

É importante ressaltar que todo ser vivo capaz de enxergar as cores está sujeito a diferentes capacidades de distinção dependendo de sua espécie. Como ocorre, por exemplo, com os pássaros, alguns répteis e peixes, que segundo Loreto e Sartori (2008, p. 270),

[...] foram evolutivamente privilegiados com um tipo de cone a mais (totalizando quatro tipos de cones contra apenas dois da maioria dos mamíferos) e desenvolveram um sistema visual tetracromático, que possibilita a visão ultravioleta (LORETO e SARTORI, 2008, p. 270).

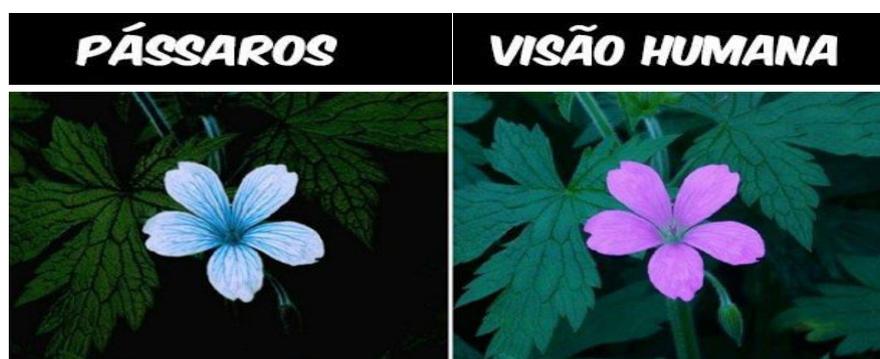


Figura 4.27: Diferença entre a visão de cores vista pelo ser humano e por pássaros.

Fonte: Elaborado pela autora com base em: <<https://mymodernmet.com/elizabeth-preston-how-animals-see-the-world/>>. Acesso em Fev. 2019.

A **Figura 4.27** foi apresentada com o intuito de demonstrar a diferença de cores que o cérebro é capaz de interpretar. Pudemos verificar que por possuir mais um cone, sensível a luz ultravioleta, a flor apresentou uma coloração diferente (azulada) para o pássaro. Isto se deve aos diferentes níveis de sensibilidade que esse cone a mais recebe. Além da visão na faixa ultravioleta, as aves também possuem resolução muito maior que os seres humanos. As águias, por exemplo, são capazes de enxergar um pequeno roedor a quilômetros, graças a uma densidade de fotorreceptores que chega a 400 mil/mm² (WEISSMÜLLER, PINTO e BISCH, 2010).

Alguns insetos e artrópodes também são capazes de perceber a radiação ultravioleta, mas possuem um sistema visual colorido diferenciado em relação ao do homem (ROBINSON, 2007; GOLDSMITH, 2006). A maioria dos insetos, por exemplo, não distingue a cor vermelha (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1986) (LORETO e SARTORI, 2008, p. 270).



Figura 4.28: Diferença entre a visão de cores vista pelo ser humano e por abelhas e borboletas.

Fonte: Elaborado pela autora com base em: a) <<https://soparacuriosos.com/como-os-animais-enxergam-o-mundo/>> e b) <<https://segredosdomundo.r7.com/13-imagens-que-revelam-como-os-animais-enxergam-o-mundo/>>. Acesso em Fev. 2019.

Nas **Figuras 4.28a e 4.28b** pudemos observar que as abelhas, assim como as borboletas, enxergam bem na faixa do ultravioleta. No entanto, como na maioria dos insetos, não distinguem a cor vermelha (LORETO e SARTORI, 2008). A capacidade de enxergar a cor ultravioleta é de extrema importância, pois, devido aos seus papéis de polinizadores, saber qual flor pousar é dado pela capacidade de distinguir quais entre elas emitem comprimentos de onda nessa faixa de radiação (WEISSMÜLLER, PINTO e BISCH, 2010).

A amostra das **Figuras 4.27 e 4.28** promoveu interesse nos participantes quanto ao tema abordado. Levando ao encerramento da oficina com mais um experimento investigativo. Permitindo aos alunos verificarem as transições das morfologias florais por meio de um teste com hidróxido de amônio¹³ e observar a ocorrência da reflexão de raios ultravioletas pelos vegetais. O experimento consiste em depositar em um recipiente de plástico um chumaço de algodão embebido com o hidróxido de amônio e

¹³ Para maiores informações a respeito sobre o procedimento do teste de Hidróxido de amônia recomendamos a leitura da referência: GERTZ, O. Ueber die Verbreitung des Anthoclorins bei den Compositen. Kgl. Fysiogr. Sällsk. Lund. Förh., 8: 62-70 (apud Scogin, R.; Young, D.A.; Jones, Jr., C E. 1977, Anthochlorins pigments and pollination biology. II. The ultraviolet floral pattern of *Coreopsis gigantea* (Asteraceae). Bull. Torrey Bot. Club, v. 104, n. 2, 1938.

uma espécie floral. Estando o compartimento devidamente fechado, aguarda-se por aproximadamente cinco minutos. Após o tempo decorrido, observa-se a reação do composto químico com as partes florais armazenadas.

Para este experimento foram distribuídas entre os participantes algumas espécies de flores (**Figura 4.29 A**) para que pudessem aplicar o teste de hidróxido de amônio (**Figuras 4.29 B e 4.29 C**) e verificar na prática a teoria discutida. Os alunos reproduziram o procedimento explicado anteriormente de forma bastante independente. Após aguardarem o tempo solicitado observaram diferentes reações para cada espécie analisada:

a) *Sphagneticola trilobata* (L.) Pruski, popularmente conhecida como Margaridão (**Figura 4.29 D**). Suas flores zigomorfas¹⁴ estão dispostas em capítulos pequenos amarelos a luz visível. Que ao ficarem confinadas junto com o chumaço de algodão embebido de hidróxido de amônio, apresentaram-se fluorescentes de cor alaranjada;

b) *Catharanthus roseus* (L.) G. Don, popularmente conhecidas como vinca (**Figura 4.29 E**), são do tipo prato, nectaríferas e suas estruturas reprodutivas são inclusas. Na abertura do tubo apresenta guia de néctar contrastando com sua corola (conjunto de pétalas) branca. Após permanecer o tempo suficiente com o hidróxido de amônio, ocorreu alteração da cor da corola para amarelo claro complementando-se com o guia de néctar;

c) *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw, popularmente conhecida por flamboyant de jardim, ocorreu alterações nas sépalas e na região central de cada pétala. As sépalas e pétalas formam o conjunto dos verticilos protetores da flor. Sendo que as sépalas são os mais externos e geralmente de coloração verde (**Figura 4.29 F**).

¹⁴Flores Zigomorfas (zigo: par, morfos: forma). Flor com simetria bilateral, que pode ser dividida unicamente em duas partes, como por exemplo, as orquídeas (GONÇALVES e LORENZI, 2011).

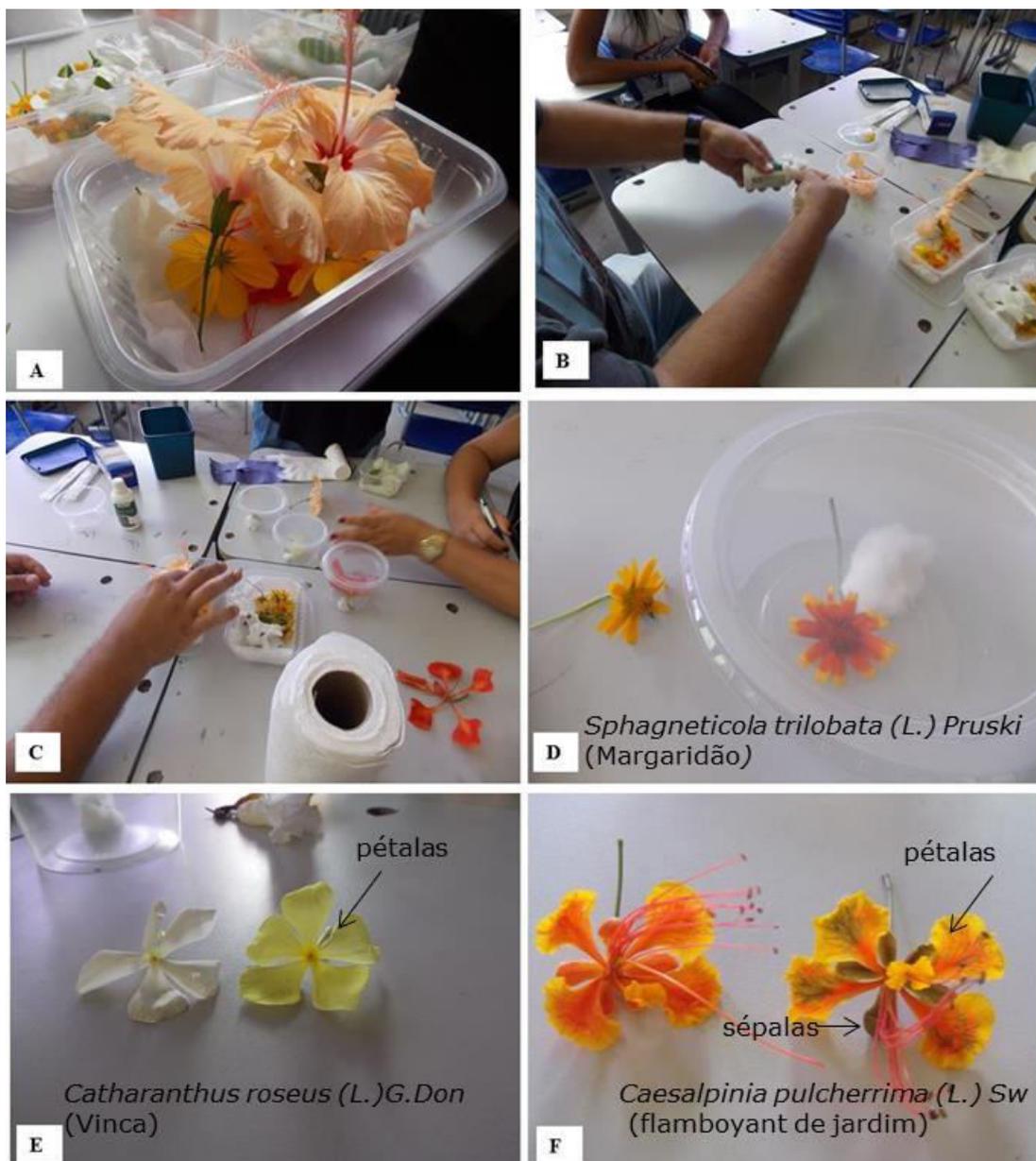


Figura 4.29: Prática realizada durante a oficina: flores amostrais coletadas (A); teste de hidróxido de amônio (B e C); *Sphagneticola trilobata* (L.) Pruski (Margaridão) (D); *Catharanthus roseus* (L.) G. Don (Vinca) (E) e *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw (Flamboyant de jardim) (F).

Fonte: Fotografia da autora..

O teste de hidróxido de amônio permitiu aos alunos por meio de uma experimentação investigativa simular como cada flor reage a determinadas radiações. O composto químico permite observar o contraste que ocorre nas flores quando são expostas ao vapor da amônio. Funcionando como elemento de atração e guia de alimento para os insetos que visitam essas flores (SCOGIN, YOUNG e JONES, 1977). Observou-se que para cada espécie a fluorescência apresentou colorações diferenciadas. Evidenciando partes mais escuras ao longo de suas estruturas florais. As partes mais

contrastadas representam o guia de néctar que os insetos enxergam, pousam e coletam o néctar e entrando em contato com a região reprodutiva pode ocorrer a polinização.

É preciso destacar que a atividade promoveu uma simulação de forma a aproximar a visão dos insetos a determinadas radiações. Também ressaltamos que assim como cada espécie floral apresenta reações, caminhos e colorações diferentes cada inseto possui sua sensibilização quanto à radiação emitida por cada flor. Desse modo, é possível compreender porque determinados insetos e/ou animais visitam apenas determinadas espécies de plantas e não outras.

A discussão a respeito da reflexão-absorção do espectro luminoso pelas plantas proporcionou um momento de descontração ao passo que iam observando o aparecimento das fluorescências. O interesse dos participantes quanto ao tema abordado permitiu encerrarmos a oficina com debates a respeito das diferentes formas de visão de cores para o ser humano, animais e insetos de maneira bastante entusiasmada. As atividades práticas possibilitaram maior aprofundamento do conteúdo de Óptica. Visto que é uma das áreas que apresentam maior dificuldade de assimilação de conteúdos, principalmente, para os alunos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Dessa forma a atividade prática investigativa se tornou uma ferramenta positiva para o ensino, de modo a proporcionar uma formação de profissionais de educação inovadora.

O uso da metodologia POE (WHITE e GUNSTONE, 1992) permitiu uma maior participação dos estudantes no fechamento da oficina. Pois, priorizou-se a participação ativa do estudante. Dando-os a oportunidade de manipular o aparato, observar as reações e discutir os resultados com outros participantes.

Podemos destacar que, embora o tema exposto tenha sido bastante extenso, os tópicos abordados foram muito bem explorados, permitindo uma boa fluidez entre um assunto e outro. A interação dos alunos também se demonstrou bastante dinâmica. Com isso, conseguimos verificar que o estudo em forma de experimentação com caráter investigativo foi capaz de fazer uma associação a outros temas, fornecendo embasamento para outras construções, a fim de permitir a interlocução entre disciplinas e conteúdos variados, como a Física e a Biologia, por exemplo.

Carvalho (2013) sugere que uma atividade de avaliação e/ou de aplicação seja organizada ao término de cada ciclo que compõe uma Sequência de Ensino Investigativa. Segundo a autora “uma forma de avaliação conceitual tradicional é ao final de cada SEI, organizar um questionário sobre os pontos fundamentais que foram desenvolvidos” (CARVALHO, 2013, p. 18). Igual perspectiva também é compartilhada

por Santos e Sasaki (2015) a respeito da metodologia POE, em que afirmam ser usual que professores que utilizam desta metodologia apliquem testes no final do período escolar para calcular seu rendimento de aprendizado. Contudo, para esta pesquisa não adotamos pós-testes devido aos motivos já apresentados no capítulo Metodologia. Nossa avaliação consistiu em debates a respeito do que foi desenvolvido na oficina. Nos quais, foram discutidas suas perspectivas quanto aos experimentos e simulações e como as atividades contribuiriam para suas práticas em sala de aula.

Dessa forma, os procedimentos quanto a Motivação (a partir de experiências prévias e cotidianas dos estudantes sobre assuntos relacionados às aulas); Introdução (apresentação de um experimento ou simulação a ser analisado); Previsão (momento em que os alunos fazem previsões individuais sobre as questões colocadas); Discussão das previsões (debates a respeito das previsões e justificativas sem a intervenção do professor); Observação (visualização do fenômeno pelos participantes); Explicação (momento em que são convidados a analisar o que foi visto tentando justificar se houve concordância ou discrepância às previsões realizadas); Explicação científica (Momento em que o professor apresenta um modelo científico a respeito do fenômeno observado com o intuito de fundamentar as concordâncias ou discrepâncias apresentadas pelos estudantes); Prosseguimento (desdobramentos para outras questões de forma que eles explorem os conceitos vistos durante a oficina) puderam ser devidamente aplicadas.

Os participantes, ao encerrarem a sequência proposta pela oficina, demonstram estar satisfeitos, relatando, inclusive, a contribuição que as atividades deram às suas atribuições em sala de aula como professores, esclarecendo alguns temas relacionados à óptica dos quais não tinham uma abordagem muito aprofundada. Como, por exemplo, as diferenças entre a cor luz e cor pigmento e como suas reflexões interferem na forma como enxergamos o ambiente.

Vale ressaltar que a proposta da SEI assim como descreve Carvalho (2013, p. 18), “está pautada na ideia de um ensino cujos objetivos concentram-se tanto no aprendizado dos conceitos, termos e noções científicas como no aprendizado de ações, atitudes e valores próprios da cultura científica”.

O uso da estratégia POE, pode vir a favorecer tanto o caráter investigativo quanto a capacidade de tomada de decisão auxiliando assim na construção do conhecimento por parte dos alunos. Acreditamos que a metodologia apresentada aos professores em sua formação inicial tenha contribuído na sua visão a respeito da contextualização de conteúdos de Física para suas áreas de atuação.

Ao considerarmos o público-leitor do produto educativo dessa dissertação (professores de ciências e alunos de licenciatura) procuramos, a partir da avaliação da interação, desempenho e relatos dos participantes, selecionar algumas das atividades apresentadas na oficina: caixa de cores (GREF, 1998); simulador de visão de cores (LORETO e SARTORI, 2008); teste de hidróxido de amônio (GERTZ, 1938) e reuni-las em uma sequência didática que pudesse apresentar sugestões de atividades interdisciplinares que considerassem os currículos de Ciências da Natureza presentes nos níveis fundamental e médio.

5. O ENSINO DE CIÊNCIAS E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Podemos encontrar na literatura diversas discussões a respeito das práticas pedagógicas, em especial nas que se referem às experimentações no ensino de ciências (MOREIRA, 1999; MORTIMER, 1996). Contudo, discussões com esse propósito tomaram início somente a partir da década de 70 com a ascensão do cognitivismo e o declínio do behaviorismo, visto que a experimentação como atividade pedagógica rotineira não era realidade em boa parte das escolas brasileiras até meados do século XX. Na época, algumas poucas escolas possuíam aparelhos prontos, específicos para determinados experimentos de demonstração (GASPAR, 2005), o que despertou preocupação a respeito das ideias dos estudantes em relação aos diversos conceitos científicos apreendidos nas aulas de ciências.

Embora muitos educadores ainda defendam o método puramente verificacionista como o mais adequado à compreensão da origem das descobertas no campo da ciência, fortes críticas quanto aos métodos de ensino aplicados nas escolas podem ser encontrados na literatura científica, como aborda (GASPAR, 2005, p. 11):

O argumento é que os alunos apenas seguem mecanicamente os passos do roteiro, sem questionamentos ou reflexão sobre a tarefa. Não há surpresas ou descobertas; provavelmente tudo o que será obtido já é familiar e está previsto no roteiro (GASPAR, 2005, p. 11).

Esse tipo de conduta contribui gravemente para uma “formação bancária” do ensino de Ciências, que, independente, de sua modalidade ou nível acadêmico, continua seguindo os mesmos procedimentos, como podemos destacar em Carrasco (1991, p. 87, tradução nossa), essas práticas podem se caracterizar, com boa aproximação, da seguinte forma:

a) os estudantes realizam um experimento seguindo os passos indicados em um roteiro já pré-estabelecido;

b) na aula seguinte, antes de se iniciar um novo experimento, entregam um relatório escrito sobre o anterior.

Muitas vezes, o relatório se constitui na única forma de avaliação, colocando-se, portanto, em evidência “uma ciência “acabada” e “pronta” em que não há espaço para discussões acerca de seus fenômenos, mas somente a sua operacionalização em exercícios de lápis e papel” (SASSERON e CARVALHO, 2008, p. 5).

Igual modelo é visto em grande parte dos cursos de formação inicial docente, inclusive, na modalidade EAD, em que o licenciando é estimulado a estudar pelo livro-texto e comparecer ao polo regional para realizar as práticas laboratoriais e suas avaliações presenciais. No caso do CEDERJ, as práticas de laboratório ocorrem quinzenalmente. A cada duas semanas, os alunos realizam novas práticas que abordam conceitos relacionados ao tema proposto para aquele período. No lugar dos relatórios, seus conhecimentos são verificados por meio de uma avaliação à distância, em que resolvem determinadas questões e enviam via plataforma *online*. Este procedimento apenas reforça a forma como muitos cursos vêm sendo ministrados, em que a verificação da aprendizagem se limita apenas à correção de relatórios e/ou avaliações. Muitas delas constituídas por perguntas totalmente desconexas ou fragmentadas de suas realidades.

Segundo (GASPAR, 2005, p. 14),

O pensamento piagetiano deu novo alento a todos os que preconizavam a importância da atividade experimental no ensino de ciências e não se satisfaziam com as formas tradicionais de realizá-la. Dando início a um longo debate que permeia até os dias de hoje, sobre as estratégias de ensino nas salas de aula (GASPAR, 2005, p. 14).

Não faz sentido tomarmos com muito rigor o uso do conceito de teoria de aprendizagem se o próprio conceito de aprendizagem também tem vários significados não compartilhados (MOREIRA, 1999). No ensino, a filosofia construtivista defende uma postura que implica deixar de ver o aluno como um receptor de conhecimentos, passando a considerá-lo como um agente de construção que é sua própria estrutura cognitiva.

Segundo Vygotsky, “o processo cognitivo não pode ser entendido sem referência ao meio social” (MOREIRA, 1999, p. 108). Esta interação é, portanto, na perspectiva vygotskyana, “o veículo fundamental para a transmissão dinâmica (de inter para

intrapessoal) do conhecimento social, histórica e culturalmente construído” (MOREIRA, p. 1999, p. 110).

É preciso destacar que a aprendizagem orientada para níveis de desenvolvimento já alcançados não é efetiva, do ponto de vista do desenvolvimento cognitivo do aprendiz. Por este motivo, é fundamental o papel do professor como “mediador na aquisição de significados contextualmente aceitos e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)¹⁵ do aluno” (MOREIRA, 1999, p. 118), definida como a diferença entre o que ele é capaz de fazer por si só e o que pode fazer com ajuda de outros. Este conceito sintetiza, portanto, a concepção de desenvolvimento como apropriação de instrumentos e, especialmente, signos proporcionados por agentes culturais de interação.

Para o autor (MOREIRA, 1999, p.119),

[...] em um episódio de ensino, o professor, de alguma maneira, apresenta ao aluno significados socialmente aceitos, no contexto de matéria de ensino, para determinado signo – da Física, da Matemática, da Língua Portuguesa, da Geografia. O aluno deve, então, de alguma maneira, “devolver” ao professor o significado que captou. O professor, nesse processo, é responsável por verificar se o significado que o aluno captou é aceito, compartilhado socialmente. A responsabilidade do aluno é verificar se os significados que captou são aqueles que o professor pretendia que ele captasse e se são aqueles compartilhados no contexto da área de conhecimentos em questão. O ensino se consuma quando aluno e professor compartilham significados (MOREIRA, 1999, p.119).

Segundo Mortimer (1996), o reconhecimento dos tipos de escolha que os estudantes fazem quando tentam resolver questões em salas de aula de ciências pode ser uma boa oportunidade para entender o mecanismo envolvido no reconhecimento do contexto e no privilégio dado a certos mediadores.

Na pedagogia vygotskiana, a aprendizagem não resulta na atividade em si, mas nas interações sociais que consegue desencadear. Ressaltamos que a teoria de aprendizagem de Vygotsky não está nem no indivíduo e nem no contexto, e sim, na interação desses dois.

Para que se configure realmente em uma aprendizagem significativa, é preciso que a nova informação a ser apreendida pelo estudante se ancore em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz, a qual Ausubel define como subsunçores (MOREIRA, 1999).

¹⁵ Também conhecido como Zona de Desenvolvimento Imediato (ZDI) (GASPAR, 2005, p. 25). Embora seja uma versão atualizada do termo. Procuramos fazer uso da sigla mais usual e conhecida pelo público pedagógico: ZDP. Visto que para esta pesquisa a leitura temática se debruçou sobre a referência de (MOREIRA, 1999). Em que o uso da sigla se faz presente.

“Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo organizado, formando uma hierarquia conceitual, na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados (e assimilados) a conceitos mais gerais, mais inclusivos” (MOREIRA, 1999, p. 151). No entanto, para que essa âncora aconteça, é preciso que se faça uso dos chamados organizadores prévios, uma estratégia com intuito de manipular a estrutura cognitiva, a fim de auxiliar a aprendizagem significativa. Eles são apresentados em um nível mais avançado do que o aluno realmente já sabe, como aborda (MOREIRA, 1999, p. 153):

Segundo o próprio Ausubel, [...] a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz sabe e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa, ou seja, organizadores prévios são úteis para [auxiliar] a aprendizagem na medida em que funcionam como “pontes cognitivas” (MOREIRA, 1999, p. 153, grifo nosso).

Quando o aluno já está habituado a responder questões de avaliações que requerem memorização de proposições e fórmulas, ou quando faz uso de “macetes” para resolver “problemas típicos”, o sujeito, na verdade, está exercendo uma espécie de “simulação da aprendizagem significativa” (MOREIRA, 1999). Para que essa simulação não ocorra, é preciso formular “questões de maneira diferente e apresentadas em um contexto de alguma forma diferente daquele encontrado no material institucional” (MOREIRA, 1999, p. 154 - 155). Nesse sentido, sugere-se ao professor com intuito de alcançar uma aprendizagem mais significativa de seus estudantes organizar suas atividades da seguinte forma:

- a) Identificar os conceitos e princípios unificadores, esses responsáveis por organizar hierarquicamente exemplos menos inclusivos até os mais específicos;
- b) Identificar os subsunçores que os alunos deverão ter para assimilar corretamente determinados conceitos; e
- c) Diagnosticar aquilo que o aluno já sabe e a partir disso organizar os conteúdos a serem abordados.

É importante ressaltar que as orientações acima podem se reorganizar a partir da necessidade de cada realidade de sala de aula e dos indivíduos envolvidos.

Ao que se refere o item a), podemos destacar que a organização da sequência didática se deu a partir da correlação entre os temas relacionados às ementas dos cursos de Licenciatura em Física e Licenciatura em Ciências Biológicas, abordando tópicos pertinentes ao processo de ensino aprendizagem dos licenciandos. Para a oficina os

roteiros de atividades foram constituídos por exposição do tema, discussões sobre o assunto e aplicação de experimentos feitos com materiais alternativos e de fácil acesso.

Ao que se refere ao item b), podemos relacionar com o mapeamento feito a partir dos questionários semiestruturados aplicados. Com as respostas analisadas, pôde-se desenvolver uma SEI que atendesse às dificuldades apresentadas pelos estudantes, Levando em consideração seus conhecimentos prévios a respeito de cada tema. A oficina relacionada aos Tópicos de Óptica, os subsunçores esperados deveriam relacionar aos conceitos de interação da luz com a matéria, instrumentos ópticos e formação de imagens por lentes. Conceitos apreendidos na disciplina de Introdução às Ciências Físicas I, assim como em disciplinas mais específicas do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas como a Biofísica, por exemplo, nas quais, pôde-se relacionar os temas apresentados com os conteúdos de Biofísica da Visão.

Por fim, ao que se refere ao item c), pudemos, por meio das análises dos resultados dos questionários, identificar quais conhecimentos eram socialmente aceitos em relação às teorias científicas apresentadas. Percebeu-se que boa parte dos estudantes apresentaram ideias condizentes com os livros didáticos utilizados como referência para esta pesquisa, embora tenham relatado em diversos momentos conceitos puramente formalísticos, resultantes de uma aprendizagem mecânica anterior.

Para (MOREIRA, 1999, p. 154-155),

[...] a aprendizagem mecânica é sempre necessária quando um indivíduo adquire informações em uma área de conhecimento completamente nova para ele. Isto é, a aprendizagem mecânica ocorre até que alguns elementos de conhecimento, relevantes a novas informações na mesma área, existam na estrutura cognitiva e possam servir de subsunçores, ainda que pouco elaborados. À medida que a aprendizagem começa a ser significativa, esses subsunçores vão ficando cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações (MOREIRA, 1999, p. 154-155).

Dessa forma, ao identificar a natureza dos subsunçores, o docente poderá fazer uso de diferentes organizadores prévios que melhor se adequem às necessidades de aprendizagem de seus alunos. Segundo Moreira (2012, p. 3), há dois tipos de organizadores prévios:

- 1) Organizador Prévio Expositivo: formulado a partir daquilo que o aprendiz já sabe em outras áreas de conhecimento. Expõe materiais com conceitos não familiares, de forma a servir de “ponto de ancoragem inicial”;
- 2) Organizador Prévio Comparativo: Trabalha com material relativamente familiar, tendo seu uso ideal para integrar e discriminar as novas informações

e conceitos, ideias ou proposições, basicamente similares, já existentes na estrutura cognitiva.

É preciso que o professor atente para os tipos de subsunções apresentados pelos estudantes, para que possa ensinar de acordo com o perfil da turma (MOREIRA, 2012).

Embora a teoria ausubeliana não apresente uma classificação mista para os organizadores prévios, foi possível adaptar suas aplicações, devido à heterogeneidade do público-alvo. No caso desta pesquisa, os participantes eram constituídos por alunos ingressantes e concluintes de diferentes cursos de Licenciatura. Dessa forma, conteúdos tidos como novos para alguns já poderiam ter sido estudados por outros. Vale lembrar que somente fizeram parte do escopo da pesquisa aqueles matriculados na disciplina de ICF I.

Segundo (MOREIRA, 2012, p. 10),

[...] organizadores prévios são materiais instrucionais utilizados antes dos materiais de aprendizagem em si, sempre em um nível mais elevado de abstração, generalidade, inclusividade. Podem ser um enunciado, um parágrafo, uma pergunta, uma demonstração, um filme, uma simulação e até mesmo uma aula que funcione como pseudo-organizador (MOREIRA, 2012, p. 10).

Podemos tomar como exemplo do uso misto dos organizadores prévios a Oficina de óptica, quanto à discussão dos processos e mecanismos da Visão, embora os alunos tivessem conhecimentos prévios a respeito da interação da luz com a matéria, instrumentos ópticos e formação de imagens por lentes. Mostraram desconhecer alguns conceitos científicos como a diferença entre a cor luz e a cor pigmento, assim como a distinção entre a visão dos seres vivos em relação ao espectro luminoso. Inclusive para alunos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas que alegaram ter estudado a respeito do tema em disciplinas mais específicas, mas que não recordavam sobre alguns aspectos. Nesse caso, o organizador prévio se categoriza como sendo expositivo, pois trouxe conceitos pouco usuais entre os participantes, como material, podemos citar a discussão referente à “Cor do Vestido”, em que o organizador aplicado apontava explicitamente as principais diferenças entre a cor luz e a cor pigmento e o efeito da luminosidade sobre o objeto, enquanto procurava dialogar com a percepção de cores feita pelo nosso cérebro. Desse modo, apresentando-se também como sendo comparativo, pois tentava discriminar as novas informações e conceitos presentes na estrutura cognitiva do estudante relacionados ao conceito de cor luz e cor pigmento previamente estudados.

Para (MOREIRA, 2012, p. 3),

Na verdade, é muito difícil dizer se um determinado material é ou não um organizador prévio, pois isso depende sempre da natureza do material de aprendizagem, do nível de desenvolvimento cognitivo do aprendiz e do seu grau de familiaridade prévia com a tarefa de aprendizagem (MOREIRA, 2012, p. 3).

É preciso ressaltar que “o aspecto central da teoria de Ausubel é a própria ideia de aprendizagem significativa, não o uso de organizadores prévios” (MOREIRA, 2012, p. 9). Eles são estratégias utilizadas com o intuito de auxiliar o estudante a alcançar esse nível mais elevado da aprendizagem.

Embora tenhamos discutido a respeito das diversas contribuições de diferentes teóricos em relação à influência do movimento construtivista para o processo de aprendizagem, é observável recorrentes críticas à teoria. A principal delas é sobre a própria definição do que conhecemos sobre o construtivismo, visto que muitos o confundem como sendo a própria teoria piagetiana, devido à sua forte influência nessa área de pesquisa (MOREIRA, 1999).

Para aprender ciências, é preciso que se proponham ao aprendiz práticas de socialização entre seus pares, de forma que possa estabelecer relações entre as ideias pertencentes à comunidade científica e suas formas particulares de pensar e de ver o mundo. Suprimir essas “concepções alternativas” significa suprimir o pensamento de senso comum e seu modo de expressão, assim como de sua linguagem cotidiana (MORTIMER, 1999).

Para (MORTIMER, 1996, p. 34),

A noção de perfil conceitual nos fornece elementos para entender a permanência das ideias prévias entre estudantes que passaram por um processo de ensino de noções científicas. Ao mesmo tempo, muda-se a expectativa em relação ao destino dessas ideias, já que se reconhece que elas podem permanecer e conviver com as ideias científicas, cada qual sendo usada em contextos apropriados (MORTIMER, 1996, p. 34).

Segundo Mortimer (1996), uma fase fundamental no planejamento do ensino, de acordo com essa noção, é a determinação das categorias que constituem as diferentes zonas do perfil do conceito a ser ensinado, bem como a identificação dos obstáculos que dificultam a construção de conceitos mais avançados, presentes nas concepções mais elementares do perfil. Com isso, observamos a importância em se discutir a respeito dos métodos de instrução voltados para a diversidade de habilidades e interesses dos estudantes, de modo que se possam desenvolver estratégias que auxiliem no processo de aprendizagem por meio de uma metodologia diferenciada.

A Educação a Distância possui a preocupação em desenvolver habilidades acadêmicas como autonomia, disciplina, organização, gestão do tempo, automotivação, fluência tecnológica, responsabilidade e entre outras. Logo, ao se trabalhar com o perfil de estudantes de cursos dessa modalidade é preciso se atentar a qual tipo de habilidades se quer desenvolver, visto que as características específicas para o público EAD se diferem daqueles pertencentes aos cursos presenciais.

Godoi e Oliveira (2016) afirmam que além das características do perfil dos estudantes, o método de ensino aplicado também está relacionado às taxas de evasão. Por ser um público adulto, as necessidades acadêmicas se tornam diferentes do público mais jovem encontrado em turmas da Educação Básica, por exemplo. A justificativa, segundo os autores, se dá no fato desse grupo ser formado predominantemente por adultos trabalhadores que buscam em cursos a distância a flexibilidade e conciliação com seus compromissos familiares, acadêmicos e de trabalho; quando não as encontram, acabam por abandoná-los.

As metodologias de ensino apropriadas para alunos de cursos EAD, segundo Godoi e Oliveira (2016), abordam a inter-relação e complementaridade entre a Andragogia e a Heutagogia. Em que a primeira está relacionada à capacidade do aluno adulto decidir quais métodos e recursos utilizar para ocorrer sua aprendizagem, mesmo sendo ainda o professor quem decide quais tópicos o aluno deve estudar, enquanto a Heutagogia relaciona-se com a autogestão da aprendizagem, na qual o aluno é responsável pelos conteúdos e processos de aprendizagem, cabendo ao professor apenas guiá-lo como um mediador por meio de situações-problemas. No caso do público do CEDERJ, seu perfil se aproxima mais do primeiro estilo de aprendizagem. Principalmente, se levarmos em consideração as características de métodos de avaliação e comunicação que o Consórcio propõe.

Nesse sentido, é possível compreender que os métodos apresentados podem atender às necessidades e capacidades desse público, ainda que apresentem outras dificuldades quanto ao acompanhamento do cronograma de estudos, deficiência no domínio técnico do uso do computador e outras tecnologias, assim como as demais deficiências de um público exclusivo da EAD. Identificar como esses alunos aprendem é importante para que se possa definir o estilo de aprendizagem mais adequado para este tipo de modalidade e nível acadêmico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento tem um papel importante no ensino de Ciências, pois serve como ponte de ligação entre o que o aluno já sabe e o que ele precisa conhecer. Ao adotar uma atividade investigativa, o professor possibilita ao estudante contextualizar conteúdos que, antes apreendidos, não faziam sentido, e que agora conseguem relacionar com suas determinadas áreas do saber. Ao trabalharmos o tema de Óptica, podemos nos aprofundar em assuntos ainda mais específicos da Biologia como nas questões referentes ao processo de absorção e reflexão das plantas, assim como em seus processos de fotossíntese e o fototropismo, por exemplo. Os devidos desdobramentos mencionados também fizeram parte da produção acadêmica da autora, quando da produção de artigo científico submetido a revista eletrônica, um dos requisitos necessários para a conclusão do curso.

A experimentação e a vivência de fenômenos científicos são de extrema importância dentro dos processos de ensino e aprendizagem. Por essa razão, as atividades experimentais em laboratório constituem momentos nos quais os estudantes e agentes de ensino podem interagir com os fenômenos, fazer observações e desenvolver habilidades. No entanto, é de conhecimento comum que nem todas as escolas possuem espaços apropriados para as práticas laboratoriais e quando eles existem não estão disponíveis, seja pela falta de manutenção e conservação, seja pela destinação para outros fins como depósito, biblioteca ou, em alguns casos, despensa. Por esse motivo, procuramos desenvolver práticas que pudessem ser realizadas dentro da sala de aula, por meio de experimentos construídos a partir de materiais alternativos e de fácil acesso, considerando a realidade em que esses futuros professores, em sua maioria, possivelmente, atuarão.

A sequência desenvolvida não pretendeu em nenhum momento se apresentar como um “manual infalível”, visto que isto é impossível, pois inúmeras são as realidades escolares e diversas são as dificuldades encontradas em sala de aula que um único manual poderia dar conta. Por isso, procurou-se desenvolver um produto que pudesse ser adaptado por outros professores para atender às suas próprias necessidades.

A proposta desenvolvida procurou oferecer maior compreensão possível do seu professor-leitor, a partir de uma linguagem clara, simples e objetiva, permitindo-lhes oportunidades para adaptação e desenvolvimento de novas estratégias e abordagens em relação ao material proposto.

Conseguimos verificar por meio da sequência didática que o estudo em forma de experimentação com caráter investigativo foi capaz de fazer associação a outros temas, fornecendo embasamento para outras construções, além da oportunidade de discutir e contextualizar diferentes conhecimentos de forma lúdica e promover a interlocução entre disciplinas e conteúdos variados, promovendo a interdisciplinaridade entre diferentes conceitos científicos presentes na Física e na Biologia. Deste modo, conseguimos responder à problemática inicial da pesquisa: *“Como promover o entendimento de que os conhecimentos da disciplina Física são importantes para a compreensão de alguns conceitos das Ciências Naturais, na formação inicial de futuros professores de Ciências?”*.

Ainda em seu escopo, foi possível verificar o levantamento de outras questões tão importantes quanto à problemática citada. Como a ausência de estudo de conteúdos de Física em sua formação inicial, mas que certamente estarão presentes na sala de aula como professores. Desse modo, por meio da intencionalidade trazida pelo curso de Mestrado Profissional quanto à produção de recursos educacionais que atendessem às necessidades do âmbito profissional, procuramos fornecer recursos que auxiliassem na melhoria das práticas pedagógicas no ensino de Ciências, de forma que pudesse responder a segunda questão levantada durante a produção da dissertação: *“Onde vou usar isso na sala de aula?”*.

A partir de leituras cuidadosas relacionadas às temáticas abordadas, foi possível aprimorar um olhar mais comprometido e atento às práticas pedagógicas rotineiras, principalmente àquelas destinadas às aulas de laboratório de Ciências, o que permitiu promover reflexões quanto ao perfil do professor que atua em turmas da Educação Básica e seu preparo para desenvolver um trabalho interdisciplinar mais amplo. O estudo também possibilitou fornecer subsídios aos participantes, principalmente, aos que já atuam como professores, de forma que pudessem rever determinados assuntos e estratégias aplicadas em suas salas de aula, contribuindo para que eles, por eles mesmos, ou com apoio de seus parceiros, possam desenvolver projetos interdisciplinares que ultrapassem a ideia de multidisciplinaridade, embora ainda reconhecida por muitos como uma pseudo-interdisciplinaridade.

O professor tem que estar preparado para o aluno informatizado. Exigências quanto à utilização de novas ferramentas digitais se fazem cada vez mais presentes. As mudanças que ocorrem dentro dos ambientes educacionais são bastante visíveis e exigem uma constante atualização dos professores. Deste profissional, podem ser

exigidos conhecimentos dos processos do ensino, sobre os quais ele não obteve uma orientação formal.

Ao pensar em uma forma que pudesse auxiliar na aprendizagem dos alunos a respeito dos conteúdos de Física estudados na disciplina de ICF I propusemos uma oficina com base em práticas experimentais investigativas que abordassem sobre o tema de óptica, em que foi possível conduzir os alunos por meio de questões, de sistematização de ideias e de pequenas exposições. Desse modo, foi dada oportunidades para que os participantes pudessem levantar e testar suas hipóteses, passando da ação manipulativa (ação do professor) para a ação intelectual (ação do aluno). A metodologia POE demonstrou ser uma ferramenta aliada em sequências didáticas como essa. Pois, por meio dela o aluno pôde explicar e debater um fenômeno. Sendo estimulados a expor seus conhecimentos para que, posteriormente, pudessem confrontá-los com experimentos e/ou simulações.

Verificou-se que a SEI desenvolvida foi bem aproveitada. Que embora tenha sido bastante extensa conseguiu alcançar o interesse e participação dos licenciandos. O dinamismo durante as interações permitiu que os participantes relatassem a contribuição que as atividades deram às suas atribuições em sala de aula como professores, esclarecendo alguns temas que não tinham sido muito aprofundados na época de estudo. Essa devolutiva se tornou um dado muito importante para a pesquisa, no momento em que buscamos verificar a validade e contribuição do produto educativo para o âmbito escolar, cumprindo assim com o seu objetivo.

É preciso ressaltar que embora tivesse tido uma expressiva participação quanto ao preenchimento dos questionários, o que permitiu a definição das estratégias apresentadas, o número de participantes na sua forma final (Oficina de Óptica) foi bem menor do que o esperado, mesmo tendo tido amplas divulgações em diferentes meios de comunicação: *e-mail*, rede social, cartazes distribuídos pelo Polo e avisos na plataforma *online*, além da divulgação da própria pesquisadora durante suas aulas. O quantitativo esperado para o público presente na oficina não atendeu às expectativas. Acredita-se que a ausência deva estar associada ao perfil específico do público EAD, que possui suas próprias características. A maior dificuldade relatada pelos estudantes foi relacionada ao fato de conciliarem eventos com seus compromissos profissionais e acadêmicos, visto que a oficina foi apresentada em dias e horários de aula. É possível destacar que variações de perfil também são notáveis entre um curso e outro, como no caso dos alunos de Física, por exemplo, que por serem em sua maioria ingressantes,

infelizmente, ainda não visualizam a importância da participação em atividades complementares não obrigatórias como forma de contribuição para sua formação inicial. Embora tenham participado massivamente durante as aplicações dos questionários, sua participação na oficina foi precária.

Por fim, as atividades realizadas ao longo da permanência no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, enquanto, no desenvolvimento da pesquisa, elaboração e aplicação do produto educativo se mostraram satisfatórias, pois verificou-se a todo momento a preocupação em fazer com que os licenciandos não as atribuíssem como uma possível solução de prática em sala de aula. Já que cada um, enquanto, professor, lidará com um universo diferente, caberá a ele identificar o perfil de cada turma e desenvolver estratégias que o auxiliem em suas aulas, por meio de uma metodologia diferenciada. É preciso ressaltar que mudanças no cenário educacional somente se tornarão realidade se houver reivindicações quanto a novas formulações na formação inicial docente. É necessário que se busquem mudanças nos processos educativos, nas quais cada proposta curricular, de alguma forma, possa conversar com as realidades escolares futuras, sejam elas em espaços de sala de aula presenciais, sejam em ambientes virtuais de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. T. **Introdução às ciências físicas 1**. Vol. 1. 3.ed. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2013.

ARROYO, M. **Currículo, Território Em Disputa**. Petrópolis: Vozes, 2013.

AZEVEDO, H. L. et al. O uso do experimento no ensino da física: tendências a partir do levantamento dos artigos em periódicos da área no Brasil. VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/1067.pdf>>. Acesso em 19 jun. 2018.

BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 30-59, 2014.

BEZERRA, M. A.; CARVALHO, A. B. G. **Tutoria: concepções e práticas na educação a distância. Tecnologias digitais na educação [online]**. Campina Grande: EDUEPB, p. 233-258, 2011.

BONJORNO et al. **Física: óptica. 1º ano**. 2 ed. São Paulo: FTD, 2013.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular/ Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Conselho Nacional de Educação. - Brasília: MEC, SEB, CNE, 2018.

_____. Congresso. Senado. Resolução CNE/CP nº 02/2015. 3ª versão do parecer/ Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. – Brasília: MEC, CNE, 2019.

_____. Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica/ Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. - Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.

_____. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Censo da Educação Básica 2019: notas estatísticas. Brasília, 2020.

_____. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional nº 9.394/96. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9394.htm>. Brasília, 1996. Acesso em Jul/2019.

CARRASCO, H.J. Experimento de laboratório: un enfoque sistémico y problematizador. **Revista de Ensino de Física**, 13, 1991.

CARVALHO, A. M. P. *et al.* **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-20, 2013.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. Cortez, 2011.

CASTRO, A. D.; CARVALHO, A. M. P. **Ensinar a ensinar: didática para a escola fundamental e média**. Cengage Learning Editores, 2018.

CUNHA, M. I. Diferentes olhares sobre as práticas pedagógicas no ensino superior: a docência e sua formação. **Revista Educação**, 2004, p. 27-54

DELECAVE, B. Cor: Invivo - Ciência - Cor: luz ou pigmento? Disponível em: <<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inoid=1096&sid=9>>. Acesso em Fev. 2019.

DRIVER, R. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química na escola**. Nº 9, maio. 1999.

EICHLER, M. L.; DEL PINO, J. C.. A produção de material didático como estratégia de formação permanente de professores de ciências. **Revista eletrônica Enseñanza de Las Ciencias**, Vol.9 nº3, 633-656. 2010.

FAGUNDES, R.; SASAKI, D. Um relato sobre uma aula de cinemática para alunos de ensino médio usando a metodologia de aprendizagem ativa POE. **Revista Cadernos da Educação Básica**, v. 4, p. 68-77, 2019.

FALSARELLA, A. M. Formação continuada de professores e elaboração do projeto pedagógico da escola. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, 2013, 8.1: 191-207.

FAZENDA, I. C. A. A aquisição de uma formação interdisciplinar de professores. In.

FAZENDA, I. C. A. (Org.). **Didática e interdisciplinaridade**. São Paulo. Papirus Editora, 2009.

_____. **Novos enfoques da pesquisa educacional**. In: FAZENDA, I. (org.). Cortez, 2010.

FELDMANN, M. G. (Org.) **Formação de professores e escola na contemporaneidade**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2009.

FÍSICA NA VEIA. Qual a cor do vestido? Disponível em: <<https://fisicanaveia.blogosfera.uol.com.br/2015/02/27/qual-e-a-cor-do-vestido/>>. Acesso em Fev. 2019.

FUNDAÇÃO CECIERJ/ CONSÓRCIO CEDERJ. Ementas das disciplinas do curso de Biologia. Disponível em: <https://graduacao.cederj.edu.br/arquivos/informacoes_academicas/Ementas%20das%20disciplinas%20-%20Ciencias%20Biol_gicas%20-%20UFRJ-UERJ-UENF___wx7wp8dbd9x4oe415012018.pdf>. Acesso em Abr/2018.

_____. Ementas das disciplinas do curso de Física. Disponível em: <https://graduacao.cederj.edu.br/arquivos/informacoes_academicas/ementas-fisica___7eg18xzpm6r11se21012018.pdf>. Acesso em Abr/2018.

_____. Ementas das disciplinas do curso de Matemática. Disponível em: <https://graduacao.cederj.edu.br/arquivos/informacoes_academicas/Ementas%20das%20disciplinas%20-%20%20Matem_tica%20-%20UFF-UNIRIO___hforv1523aaelo115012018.pdf>. Acesso em Abr/2018.

_____. Sistema acadêmico – SISTACAD. Disponível em: <<https://sistacad.cederj.edu.br/>>. Acesso em: Fev/2020.

GASPAR, A. **Experiências de Ciências: para o ensino fundamental**. Ática. São Paulo: 2005.

GERTZ, O. Ueber die Verbreitung des Anthoclors bei den Compositen. Kgl. Fysiogr. Sällsk. Lund. Förh., 8: 62-70 (apud Scogin, R.; Young, D.A.; Jones, Jr., C E . 1977, Anthoclors pigments and pollination biology. II. The ultraviolet floral pattern of *Coreopsis gigantea* (Asteraceae). Bull. Torrey Bot. Club, v. 104, n. 2, 1938.

GODOI, M. A.; OLIVEIRA, S. M. S. S. O Perfil do Aluno da Educação a Distância e seu Estilo de Aprendizagem. **EAD em foco**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 2, p. 76-91, 2016.

GONÇALVES, E. G.; LORENZI, H. J. **Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2012.

GRF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Instituto de Física da USP. **Óptica**. Vol. 2. São Paulo: EDUSP, 1998.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). Microdados do Censo Escolar 2020. Disponível em: <<http://inep.gov.br/web/guest/microdados>>. Acesso em: Mar/2020.

IVENICKI, A.; CANEN, A. G. **Metodologia da Pesquisa: rompendo fronteiras curriculares**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, v. 1, 2016.

LENOIR, Y. Didática e interdisciplinaridade: uma complementaridade necessária e incontornável. In. FAZENDA, I. C. A. (Org.). **Didática e interdisciplinaridade**. São Paulo. Papyrus Editora, 2009.

LORETO, E. L. S.; SARTORI, P. H. S. Simulação da visão das cores: decodificando a transdução quântica-elétrica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 2008, n. 25, v.2, p. 266-286.

MELLO, G. N. **Formação inicial de professores para a educação básica: uma (re) visão radical**. São Paulo em perspectiva, v. 14, n. 1, p. 98-110, 2000.

MINAYO, M. C. de S. **O desafio do conhecimento**. 11 ed. São Paulo: Hucitec, 2008.

MIZUKAMI, M. G. N., et al. **Escola e aprendizagem da docência: processos de investigação e formação**. São Carlos: EdFSCAR, 2010.

MOREIRA, E. F.; SACRAMENTO, M. J.; SILVA, C. P. Ciências no 9º ano do ensino fundamental: concepções dos professores de ciências biológicas, em exercício. Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional, 2016, 9.1.

MOREIRA, M. A Organizadores prévios e aprendizagem significativa. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/ORGANIZADORESport.pdf>>. Acesso em Jun. 2020.

_____. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo. EPU, 1999.

MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F. A interdisciplinaridade na legislação educacional, no discurso acadêmico e na prática escolar do ensino médio: panaceia ou falácia educacional? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 92-110, 2016.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em ensino de ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2016.

PIMENTA, S. G. Formação de professores: saberes da docência e identidade do professor. In. FAZENDA, I. C. A. (Org.). **Didática e interdisciplinaridade**. São Paulo. Papirus Editora, 2009.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2ª Edição. Editora Feevale, 2013.

REZENDE, F.; LOPES, A. M. A.; EGG, J. M. Identificação de problemas do currículo, do ensino e da aprendizagem de física e de matemática a partir do discurso de professores. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 2, p. 185-196, 2004.

RIO DE JANEIRO (Estado). Decreto nº 28.211, de 24 de abril de 2001. Dispõe sobre a opção pela ampliação da jornada de trabalho, instituída pelo decreto n.º 25.959, de 12 de janeiro de 2000 e dá outras providências. Disponível em: <<https://gov-rj.jusbrasil.com.br/legislacao/153443/decreto-28211-01#art-1>>. Acesso em: maio 2020.

_____. (Estado). Secretaria de Estado de Educação. **Currículo Mínimo 2012: Física**. SEEDUC, 2012.

_____. (Município). Edital CVL/SUBSC nº 104 de 16 de maio de 2019. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/9653320/4237510/editalregsubsc104de16.05.19pefciencias2019.pdf>>. Rio de Janeiro, 2019. Acesso em Jan/2020.

_____ (Município). Orientações Curriculares de Ciências – Multieducação/ Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Secretaria Municipal de Educação. Subsecretaria de Ensino. Coordenadoria de Educação. Rio de Janeiro: SME, SUBE, CRE, 2020.

_____ (Município). Secretaria Municipal de Educação. **Material Didático CARIOCA: 9º ano – 1º semestre 2020**. Rio de Janeiro: SME, 2020.

SACRISTÁN, J. G. **O currículo: uma reflexão sobre a prática**. 3ª edição. 2000. Tradução de: Ernani F. da F. Rosa.

SALES, V. C. H. Água de lastro: um problema de hidrostática. In: VIANNA, D. M.; BERNARDO, J. R. R. (orgs.). **Temas para o ensino de física com abordagem CTS (ciência, tecnologia e sociedade)**. Rio de Janeiro: Bookmakers, 2012, p. 71-91.

SANTOS, R. J.; SASAKI, D. G. G. Uma metodologia de aprendizagem ativa para o ensino de mecânica em educação de jovens e adultos. **Revista Brasileira de Ensino de Física (Online)**, v. 37, p. 3506-1-3506-9, 2015.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. O que as falas em aulas de ciências do ensino fundamental nos dizem quanto à alfabetização científica? In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 11, 2014, Curitiba. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/epf/_oqueasfalasemaulasdecien.trabalho.pdf>. Acesso em abr/2020.

SASAKI, D. G. G.; JESUS, V. L. B. DE. Avaliação de uma metodologia de aprendizagem ativa em óptica geométrica através da investigação das reações dos alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Física (online)**, v. 39, p. e2403-1-e2403-10, 2017.

SEIXAS, R. H. M.; CALABRÓ, L.; SOUSA, D. A Formação de professores e os desafios de ensinar Ciências. **Revista Thema**, 2017, 14.1: 289-303.

SCHWAHN, M. C. A.; SILVA, J. ; MARTINS, T. L. C. A abordagem POE (predizer, observar e explicar): uma estratégia didática na formação inicial de professores de química. In: VI ENPEC- Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências,

2007, Florianópolis. Atas do VI ENPEC- Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007. Disponível em <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p444.pdf>>. Acesso em set/2020.

SCOGIN, R.; YOUNG, D. A.; JONES, C. E. - 1977. **Anthochlor pigments and pollination biology: II. The ultraviolet floral patterns of *Coreopsis gigantea* (Asteraceae)**. Bull. Tor. Bot. Club. 104(2): 155-159

SOUZA, L. A. et al. Discutindo a natureza ondulatória da luz e o modelo da óptica geométrica através de uma atividade experimental de baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 4, p. 4311-1-4311-6, 2015.

SILVA, T. **Documentos de identidade: uma introdução às teorias do currículo**. Autêntica, 2018.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Editora Vozes Ltda., 2018.

VEIGA-NETO, A. J. Currículo, disciplina e interdisciplinaridade. 1995. Disponível em: <http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/ideias_26_p105-119_c.pdf>. Acesso em: Jun/2018.

WEBER, M. **Ensaio de Sociologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1979.

WEISSMULLER, G.; PINTO, N. M. A. C.; BISCH, P. M. **Biofísica: volume 2**. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2009.

WHITE, R.; GUNSTONE, R. Prediction-observation-explanation. **Probing understanding**, v. 4, p. 44-64, 1992.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Editora Artmed, Porto Alegre, 2010.

APÊNDICE – QUESTIONÁRIO DE ÓPTICA



INSTITUTO FEDERAL
Rio de Janeiro
Campus Nilópolis

INSTITUTO FEDERAL DE DO RIO DE JANEIRO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM ENSINO DE
CIÊNCIAS – PROPEC
SECRETARIA DE PÓS-GRADUAÇÃO

UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA CONTEXTUALIZAÇÃO DE CONCEITOS FÍSICOS EM CURSOS DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS NA MODALIDADE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA (EAD)

Caro estudante,

A sua contribuição com o preenchimento do presente questionário será de grande importância para esta pesquisa que tem por objetivo investigar as práticas pedagógicas desenvolvidas em sala de aula, assim como o currículo estudado durante a formação inicial docente nos cursos de Licenciatura em Ciências Naturais e Matemática. Sua participação é **voluntária**.

Nome:

Idade: () 18 anos () entre 19 e 21 anos () entre 22 e 30 anos () entre 31 e 40 anos
() acima de 40 anos

Gênero: () F () M

Curso: () Licenciatura em Física () Licenciatura em Matemática () Licenciatura em
Ciências Biológicas

Já cursou a disciplina ICF1 anteriormente? () Sim () Não

O que é luz?

Como enxergamos os objetos que não emitem luz?

Como é formado o arco-íris?

Cite as propriedades da luz que você conhece.

Sabe a diferença entre a cor luz e a cor pigmento?

() Sim. Qual? _____.

() Não.

Quais as cores primárias da luz? _____.

Além do ser humano, outros animais também conseguem enxergar as cores?

() Sim. () Não () Alguns. Cite dois: _____.

Ao misturarmos as seguintes cores luz quais cores formarão?

Vermelho + Verde = _____ Vermelho + Verde + Azul = _____

Vermelho + Azul = _____

Verde + Azul = _____

ANEXO A – TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO DE PESQUISA NA INSTITUIÇÃO



Ministério da Educação (MEC)
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC)
Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ)
Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências (PROPEC)

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO DE PESQUISA NA INSTITUIÇÃO

Venho, por meio deste documento, autorizar a pesquisadora **EMANUELLE SÃO LEÃO DE LIMA** a desenvolver o projeto intitulado “**UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA CONTEXTUALIZAÇÃO DE CONCEITOS FÍSICOS EM CURSOS DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS NA MODALIDADE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA (EAD)**” na Fundação Centro de Ciências e Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro – Fundação CECIERJ/Consórcio CEDERJ no polo regional Campo Grande. Cabe citar que estou ciente de que a pesquisadora está regularmente matriculada no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), *campus* Nilópolis. Foi esclarecido que os sujeitos da pesquisa serão **estudantes dos cursos de licenciaturas em Biologia, Física e Matemática**. Estou ciente de que a pesquisa consiste na **revisão de literatura e na aplicação de questionários semiestruturados**, não comprometendo a qualidade de atividades desenvolvidas nesta instituição e nem os sujeitos da pesquisa. A qualquer momento, esses sujeitos poderão desistir de participar da pesquisa, não causando isso nenhum prejuízo a eles ou à instituição envolvida. Cabe citar que os procedimentos adotados pela pesquisadora garantem sigilo da identidade dos participantes, tanto dos sujeitos como da instituição, e que os dados serão utilizados apenas nesta pesquisa e os resultados divulgados apenas em produções científicas.

_____, _____ de _____ de _____

Diretora da Instituição

**ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
(TCLE)**



Ministério da Educação (MEC)
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC)
Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ)
Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências (PROPEC)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Título do projeto: uma proposta interdisciplinar para contextualização de conceitos físicos em cursos de formação de professores de ciências na modalidade educação a distância (EAD)

Pesquisadora responsável: Emanuelle São Leão de Lima

Instituição: Instituto Federal do Rio de Janeiro

Telefones para contato: (21) 99178-9019

E-mail: manusaoleao@gmail.com

Nome do voluntário: _____

Idade: ____ anos **R.G.** _____

Responsável legal (quando for o caso): _____

R.G. Responsável legal: _____

O Sr. (a) está sendo convidado (a) para participar da pesquisa intitulada “**UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA CONTEXTUALIZAÇÃO DE CONCEITOS FÍSICOS EM CURSOS DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS NA MODALIDADE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA (EAD)**”, de responsabilidade da pesquisadora **EMANUELLE SÃO LEÃO DE LIMA**, que tem como objetivo principal **propor um produto educativo interdisciplinar, capaz de relacionar conteúdos de Física com outras áreas do conhecimento, no caso desta pesquisa Biologia e Matemática**. Este é um estudo baseado em uma abordagem **INVESTIGATIVA**, que envolverá **revisão bibliográfica e aplicação de questionários semiestruturados**, e não oferece nenhum risco aos participantes. A pesquisa terá duração de **12 meses**, com término previsto para **2020**.

Suas respostas serão tratadas de forma **anônima e confidencial**, isto é, em nenhum momento será divulgado o seu nome. Quando for necessário exemplificar determinada situação, sua privacidade será assegurada. Os **dados coletados** serão utilizados apenas nesta pesquisa e os resultados divulgados apenas em produções científicas.

Sua participação é **voluntária**, isto é, a qualquer momento você poderá recusar-se a responder qualquer pergunta ou poderá desistir de participar da pesquisa, e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com a pesquisadora ou com a instituição. Sua participação nesta pesquisa consistirá em responder perguntas de um questionário e/ou sob forma de entrevista, que poderá ser gravada em áudio para posterior transcrição, e suas respostas serão guardadas por até cinco anos e incineradas após esse período.

O Sr. (a) não terá **nenhum custo ou quaisquer compensações financeiras**. O **benefício** relacionado à sua participação será o aumento do conhecimento científico para a área de ensino de ciências.

O Sr. (a) receberá uma cópia deste termo no qual constam os dados de identificação do pesquisador responsável, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento. Desde já agradeço!

Eu, _____, RG nº _____ declaro ter ciência deste termo e concordo em participar como voluntário de pesquisa acima descrito.

OU

Eu, _____, RG nº _____, responsável legal por _____, RG nº _____ declaro ter ciência deste termo e concordo com a sua participação como voluntário no projeto de pesquisa acima descrito.

_____, _____ de _____ de _____

Sujeito da pesquisa ou responsável legal

Pesquisadora responsável