

Luciana da Cruz Barros

**Ensino e aprendizagem dos conceitos de Absorção, Emissão Espontânea e  
Emissão Estimulada de Radiação, através de Objetos Digitais de  
Aprendizagem**

Marabá  
Janeiro 2021

**Ensino e aprendizagem dos conceitos de Absorção, Emissão Espontânea e Emissão Estimulada de Radiação, através de Objetos Digitais de Aprendizagem**

Luciana da Cruz Barros

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF - Polo 29 - UNIFESSPA), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Marabá  
Novembro 2021

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará**  
**Biblioteca Setorial Campus do Tauarizinho**

---

- B277e** Barros, Luciana da Cruz  
Ensino e aprendizagem dos conceitos de absorção, emissão espontânea e emissão estimulada de radiação, através de objetos digitais de aprendizagem / Luciana da Cruz Barros. — 2021.  
162 f. : il. color.
- Orientador(a): Mateus Gomes Lima ; coorientador(a): Rodrigo do Monte Gester.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Instituto de Ciências Exatas, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Marabá, 2021.
1. Física nuclear. 2. Prática de ensino. 3. Física – Estudo e Ensino (Ensino médio). 4. Metodologia de Ensino. I. Lima, Mateus Gomes, orient. II. Gester, Rodrigo do Monte, coorient. III. Título.

CDD: 22. ed.: 539

---

Elaborado por Renata Souza – CRB-2/1.586

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Física no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF - Polo 29 - UNIFESSPA), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:

### ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata da apresentação e defesa de dissertação de Mestrado intitulada: "ENSINO E APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS DE ABSORÇÃO, EMISSÃO ESPONTÂNEA E EMISSÃO ESTIMULADA DE RADIAÇÃO, ATRAVÉS DE OBJETOS DIGITAIS DE APRENDIZAGEM" para concessão do grau de Mestre em Ensino de Física, realizada às 14:00 horas do dia 10 de janeiro de 2022, de forma remota, via Google Meet, link da defesa: [https://https://meet.google.com/suf-qbcx-psi](https://meet.google.com/suf-qbcx-psi). A dissertação foi apresentada durante 50 minutos pela mestranda: **Luciana da Cruz Barros**, diante da banca examinadora aprovada pela Sociedade Brasileira de Física, assim constituída, membros: Prof. Dr. Mateus Gomes Lima (Orientador/Presidente), Prof. Dr. Rodrigo do Monte Gester (Coorientador), Prof. Dr. Luiz Moreira Gomes (Membro Interno) e Profa. Dra. Silvana Perez (Membro Externo). Em seguida, a mestranda foi submetida à arguição, tendo demonstrado suficiência de conhecimento no tema objeto da dissertação, havendo à banca examinadora decidido pela aprovação da dissertação. Para constar, foram lavrados os termos da presente ata, que lida e aprovada recebe a assinatura dos integrantes da banca examinadora e da mestranda.



Prof. Dr. Mateus Gomes Lima (Unifesspa - Orientador/Presidente)



Prof. Dr. Rodrigo do Monte Gester (Unifesspa - Coorientador)



Prof. Dr. Luiz Moreira Gomes (Unifesspa - Membro Interno)



Profa. Dra. Silvana Perez (UEPA - Membro Externo)



Luciana da Cruz Barros (Mestranda)

*A Jesus Cristo, por tudo que tem feito na minha vida, em especial por não ter permitido que eu fizesse parte das estatísticas de suicídio e feminicídio. Jesus, minha luz, eu te amo como a necessidade que tenho de respirar.*

## Agradecimentos

A Deus por ser tão maravilhoso, justo e piedoso. Por me amar tanto e me permitir tantas conquistas em meio aos problemas do cotidiano. Obrigada Pai por não desistir de mim, quando eu desisti. Gratidão por cuidar nos mínimos detalhes da minha vida, te adoro.

Ao meu filho Arthur Felipe por ser meu maior apoiador, tão compreensivo, incentivador, principalmente nesses dois anos do mestrado. Filho te amo muito.

A minha sobrinha Echily Gabriely, por ser tão companheira neste período, obrigada.

À toda a minha família, em especial a minha mãe Lúcia, ao meu padastro José, a minha tia Creusa, a minha prima Tauane, a minha saudosa avó Zenaide, pela ajuda, pois sem os cuidados de vocês, eu não poderia se quer ter iniciado o Mestrado.

Ao meu orientador, Dr. Mateus Gomes Lima, por compartilhar sua sabedoria, experiência e conhecimento; e por me orientar e colaborar tanto neste período da minha vida, sou muito grata por nossa parceria.

Ao Joel Gomes, por sua ajuda no desenvolvimento do simulador Rad&Mat.

Aos professores do Mestrado do MNPEF, pela contribuição na minha formação, em especial aos professores Dr. Manoel, Dr. Narciso, Dr. Edney, Dr. Luiz, Dr<sup>a</sup>. Andreia ao meu coorientador Dr. Rodrigo do Monte Gester e ao Dr. Erico, por ter sido tão acolhedor com todos nós no início do curso, o senhor é uma pessoa incrível.

Aos meus colegas de curso, em especial ao Cláudio, Daniele, Emersom e Vagno e Alvaro.

Aos meus amigos (as) que me apoiaram nesta jornada, em especial a Kelly, Jane Catia, Valdecir, Valmirene, Denílson, Ivanilde, Lourdes, Welma e o Wellberson.

A direção, a coordenação, ao professor Ferreira e aos estudantes das duas escolas envolvidas que contribuíram para a realização deste trabalho, serie eternamente grata.

A SBF pela organização do programa de Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física, que nos permite a oportunidade do crescimento acadêmico e profissional.

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

## RESUMO

Ensino e aprendizagem dos conceitos de Absorção, Emissão Espontânea e Emissão Estimulada de Radiação, através de Objetos Digitais de Aprendizagem.

Luciana da Cruz Barros

Orientador:

Prof. Dr. Mateus Gomes Lima

Coorientador:

Prof. Dr. Rodrigo do Monte Gester

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Os avanços científicos e tecnológicos proporcionados pela Física Moderna e Contemporânea têm impactado o cotidiano de todos na sociedade moderna. Entretanto, o currículo da educação básica persiste em trabalhar, na maioria das vezes, com a abordagem exclusiva de tópicos da Física Clássica, associados a métodos tradicionais de ensino. Na perspectiva de romper este paradigma de ensino de Física focado na Física Clássica e em metodologias ultrapassadas, esta dissertação tem por objetivo geral propor e aplicar uma Sequência Didática que envolva tópicos de Física Moderna e Contemporânea relacionados à Interação da Radiação com a Matéria, para estudantes da educação básica, sob uma perspectiva inovadora que utilize Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação, associadas às Metodologias Ativas de ensino e aprendizagem, sob a ótica das Teorias de Educação Libertárias, representada por Freire e Lipman e, também, as Teorias de Aprendizagem Significativa de Ausubel e a Aprendizagem Crítica de Moreira. Na Sequência Didática foram abordados, especificamente, a absorção; a emissão espontânea e a emissão estimulada de energia em um átomo de dois níveis, por meio da junção das Metodologias Ativas: Ensino Híbrido/Sala de Aula Invertida e os Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco. Além disso, como ferramenta de apoio da Sequência Didática foi desenvolvido um site educativo, com os seguintes Objetos Digitais de Aprendizagem implementados: animação produzida no software *Scratch*®; simulação computacional *Rad&Mat* produzida no software *Blender*®; mapas conceituais e mentais produzidos no software *Cmaptools*®; hipertextos e questionários avaliativos desenvolvidos na plataforma *Google Workspace*®. As intervenções didático-pedagógicas ocorreram de maneira totalmente remota, com 69 alunos do Ensino Fundamental e Médio da rede pública do interior do Pará, resultando na construção e consolidação do processo de ensino e aprendizagem dos temas supracitados, conforme os dados apurados.

Palavras-chave: Ensino de Física; Física Moderna e Contemporânea; Emissão e Absorção de Radiação; Objetos Digitais de Aprendizagem; Metodologias Ativas.

## **ABSTRACT**

Teaching and learning the concepts of Absorption, Spontaneous Emission and Stimulated Emission of Radiation, through Digital Learning Objects.

Luciana da Cruz Barros

Adviso:

Prof. Dr. Mateus Gomes Lima

Co-supervisor

Prof. Dr. Rodrigo do Monte Gester

Master's dissertation submitted to the Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), as part of the requirements necessary to obtain the title of Master in Physics Teaching.

Scientific and technological advances provided by Modern and Contemporary Physics have impacted the daily lives of everyone in modern society. However, the basic education curriculum persists in dealing, for the most part, with the exclusive approach to topics of Classical Physics, associated with traditional teaching methods. In the perspective of breaking this paradigm of teaching Physics focused on Classical Physics and on outdated methodologies, this dissertation aims to propose and apply a Didactic Sequence that involves topics of Modern and Contemporary Physics related to the Interaction of Radiation with Matter, for students of basic education, from an innovative perspective that uses Digital Technologies of Information and Communication, associated with Active Teaching-Learning Methodologies, from the perspective of Libertarian Education Theories, represented by Freire and Lipman, and also the Meaningful Learning Theories of Ausubel and the Critical Learning of Moreira. The Didactic Sequence specifically addressed absorption; spontaneous emission and stimulated emission of energy in a two-level atom, through the combination of Active Methodologies: Hybrid Teaching/Flipped Classroom and the Three Pedagogical Moments of Delizoicov, Angotti and Pernambuco. Furthermore, as a support tool for the Didactic Sequence, an educational website was developed, with the following Digital Learning Objects implemented: animation produced in Scratch® software; Rad&Mat computer simulation produced in Blender® software; concept and mind maps produced in Cmaptools® software; hypertexts and evaluation questionnaires developed on the Google Workspace® platform. The didactic-pedagogical interventions took place in a completely remote way, with 69 public elementary and high school students in the interior of Pará, resulting in the construction and consolidation of the teaching and learning process of the aforementioned themes, according to the data collected.

Keywords: Teaching Physics; Modern and Contemporary Physics; Radiation Emission and Absorption; Digital Learning Objects; Active Methodologies.



## Lista de Ilustrações

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1:</b> Exemplo de mapa conceitual -----   | 30 |
| <b>Figura 2:</b> Exemplo de mapas mentais -----   | 31 |
| <b>Figura 3:</b> Logotipo do software Blender -----   | 33 |
| <b>Figura 4:</b> Logotipo do Scratch -----  | 34 |
| <b>Figura 5:</b> Logotipo do software CmapTools -----   | 34 |
| <b>Figura 6:</b> Logotipo plataforma GSuite -----   | 35 |
| <b>Figura 7:</b> Modelos de ensino híbrido -----  | 42 |
| <b>Figura 8-</b> O modelo de sala invertida - diagrama indicando as habilidades a serem desenvolvidas em cada uma das três etapas do processo ----- | 44 |
| <b>Figura 9-</b> Pintura representando o famoso experimento de refração da luz de Newton -----  | 48 |
| <b>Figura 10-</b> Experimento de Young da fenda dupla -----   | 48 |
| <b>Figura 11-</b> Modelo de Dalton -----  | 49 |
| <b>Figura 12-</b> Modelo de Thomson -----   | 50 |
| <b>Figura 13-</b> Ilustração do Experimento de Rutherford -----   | 50 |
| <b>Figura 14-</b> Modelo atômico de Rutherford -----  | 51 |
| <b>Figura 15-</b> Modelo atômico de Bohr -----  | 52 |
| <b>Figura 16-</b> Espectro de absorção de Fraunhofer -----  | 53 |
| <b>Figura 17-</b> Representação da propagação de uma onda eletromagnética -----   | 54 |
| <b>Figura 18-</b> Diagrama de absorção e emissão de energia, num átomo de dois níveis -----   | 56 |
| <b>Figura 19-</b> Ilustração da utilização do laser em cirurgias oculares -----   | 63 |
| <b>Figura 20-</b> Aplicação do laser em cirurgias endoscópicas nasais -----   | 63 |
| <b>Figura 21-</b> Laser cortando placa de metal -----   | 64 |
| <b>Figura 22-</b> LEDs -----  | 64 |
| <b>Figura 23-</b> Fibra Óptica -----  | 65 |
| <b>Figura 24-</b> Bioluminescência em Vagalumes -----   | 65 |
| <b>Figura 25-</b> Bioluminescência em Algas Marinhas -----  | 66 |
| <b>Figura 26-</b> Colete de proteção fotoreflexível -----   | 66 |
| <b>Figura 27-</b> Escola Municipal de Ensino Fundamental Padre José de Anchieta -----   | 71 |
| <b>Figura 28-</b> Escola Estadual de Ensino Médio Paulo Freire -----  | 71 |
| <b>Figura 29-</b> Menu da simulação computacional Interação Rad&Mat -----   | 73 |
| <b>Figura 30-</b> Tela da simulação computacional Rad&Mat -----   | 74 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 31-</b> Tela exemplificando o fenômeno Absorção e Emissão Espontânea ----- | 75 |
| <b>Figura 32:</b> Tela exemplificando o fenômeno Absorção e Emissão Estimulada ----- | 75 |
| <b>Figura 33:</b> Diagrama de Níveis -----   | 76 |
| <b>Figura 34:</b> Instruções da simulação computacional Rad&Mat -----                | 76 |
| <b>Figura 35:</b> Créditos da simulação computacional Rad&Mat -----                  | 77 |
| <b>Figura 36-</b> Sala de Aula virtual-----  | 79 |
| <b>Figura 37-</b> Momento da aula virtual no Scratch -----                           | 86 |
| <b>Figura 38-</b> Momento da aula virtual utilizando o simulador Rad&Mat-----        | 90 |
| <b>Figura 39-</b> Último encontro virtual-----                                       | 93 |

**Lista de Quadros**

|   |    |
|---|----|
| Quadro 1: Resumo das metodologias implementadas na SD através do site educativo ..... | 70 |
| Quadro 2: Resposta ao questionário Pré-ODA para os estudantes do 9º ano.....          | 80 |
| Quadro 3: Resposta ao questionário Pré-ODA para os estudantes do 3º ano.....          | 81 |

## Lista de Gráficos

|   |     |
|---|-----|
| <b>Gráfico 1:</b> Resposta dos estudantes do 9º e 3º ano ao questionário pesquisando sobre o Diálogo da Animação-----               | 87  |
| <b>Gráfico 2-</b> Respostas ao Mapa Conceitual do questionário de aplicação do conhecimento -----                                   | 95  |
| <b>Gráfico 3-</b> Respostas ao Mapa Mental sobre aplicações da Emissão Espontânea do questionário de aplicação do conhecimento----- | 96  |
| <b>Gráfico 4-</b> Respostas ao Mapa Mental sobre aplicações da Emissão Estimulada do questionário de aplicação do conhecimento----- | 97  |
| <b>Gráfico 5-</b> Respostas às cinco primeiras perguntas do Formulário de Avaliação das Atividades -----                            | 99  |
| <b>Gráfico 6-</b> Respostas à sexta questão do Formulário de Avaliação das Atividades -----   | 100 |
| <b>Gráfico 7-</b> Respostas à sétima questão do Formulário de Avaliação das Atividades -----  | 101 |

## Sumário

|   |    |
|---|----|
| Introdução .....  | 15 |
| Capítulo 1 .....  | 22 |
| Revisão da literatura .....   | 22 |
| 1.Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica .....   | 22 |
| 1.1.2 O ensino de Física nas escolas brasileiras.....   | 22 |
| 1.1.3 A importância do ensino de Física Moderna e Contemporânea para<br>atualização dos currículos da educação básica ..... | 23 |
| 1.2 O uso de recursos tecnológicos educacionais no ensino e aprendizagem de<br>Física .....                                 | 25 |
| 1.2.1 Animações e simulações computacionais como recursos educacionais no<br>ensino/ da Física.....                         | 27 |
| 1.3 Mapas conceituais e mentais como recursos educacionais no processo de<br>ensino e aprendizagem.....                     | 29 |
| 1.4 <i>Softwares</i> e plataformas <i>online</i> como recursos educacionais no processo<br>ensino e aprendizagem.....       | 31 |
| CAPÍTULO 2 .....  | 36 |
| Fundamentos Teóricos e Metodológicos .....  | 36 |
| 2.1 Teorias Educacionais e de Aprendizagem: Pressupostos .....  | 36 |
| 2.1 Teoria de Educação: Alguns Aspectos.....  | 37 |
| 2.2 Teorias de: Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Significativa Crítica<br>.....                                    | 39 |
| 2.3 Metodologias Ativas: Ensino híbrido/Sala de aula invertida e Os três<br>momentos pedagógicos .....                      | 41 |
| 2.3.1 Sala de Aula Invertida .....  | 42 |
| 2.3.2 Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov .....   | 44 |
| 2.3.2.1 Problematização Inicial: .....  | 44 |
| 2.3.2.2 Organização do Conhecimento: .....  | 45 |

|  |     |
|--|-----|
| 2.3.2.3 Aplicação do Conhecimento: .....   | 45  |
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....  | 46  |
| <b>Interação da radiação com a matéria: Absorção, Emissão Espontânea e Emissão Estimulada de Energia</b> ..... | 46  |
| <b>3.1 Justificativa</b> .....   | 46  |
| <b>3.1.1 Histórico: Origem e evolução do tratamento físico da interação da radiação com a matéria</b> .....    | 47  |
| <b>3.1.2 Coeficientes de Einstein</b> .....  | 58  |
| <b>3.1.3 O tempo de vida de um estado excitado</b> .....   | 60  |
| <b>3.2 Aplicações Tecnológicas</b> .....   | 62  |
| <b>3.2.1 Absorção e Emissão Estimulada:</b> .....  | 62  |
| <b>3.2.2 Absorção e Emissão Espontânea:</b> .....  | 65  |
| <b>Capítulo 4</b> .....  | 67  |
| <b>Intervenção didático-pedagógica</b> .....   | 67  |
| <b>4.1 Pressupostos Metodológicos da Pesquisa</b> .....  | 67  |
| <b>4.3 Implementação da Sequência Didática</b> .....   | 72  |
| <b>4.3.1 Primeiro Momento: Problematização inicial</b> .....   | 72  |
| <b>4.3.2 Segundo Momento: Organização do conhecimento</b> .....  | 72  |
| <b>4.3.3 Terceiro Momento: Aplicação do conhecimento</b> .....   | 77  |
| <b>Capítulo 5: Resultados e Discussões</b> .....   | 78  |
| <b>5.1 Análise da Problematização inicial</b> .....  | 78  |
| <b>5.2 Análise da Organização do conhecimento</b> .....  | 88  |
| <b>5.3 Análise da Aplicação do conhecimento</b> .....  | 93  |
| <b>Considerações Finais</b> .....  | 103 |
| <b>Referências Bibliográficas</b> .....  | 107 |
| <b>Apêndices</b> .....   | 114 |

## Introdução

A ciência, em especial a Física, exerce uma atribuição considerável e/ou iminente no mundo contemporâneo. Tornou-se comum ouvir que se vive em uma sociedade tecnológica e que seu progresso é medido pelo grau de desenvolvimento tecnológico. A tecnologia necessita eminentemente da ciência para modernizar-se e, também colabora para ela, todavia, não devem ser confundidas. Inquestionavelmente, nossas vidas são amplamente afetadas por intermédio desses recursos tecnológicos (NUSSENZVEIG, 2002).

A Física é uma ciência que desfruta de uma diversidade de cientistas, de todos os gêneros e classes sociais, os quais formularam e testam as mais variadas ideias, hipóteses e teorias, com intuito de conhecer e explicar os fenômenos da natureza. É notável que esse conhecimento acumulado tornou a Física fundamental em questões como avanços na área tecnológica por todo o mundo e na construção do ensino e aprendizagem dos alunos de qualquer nível de ensino (GASPAR, 2005).

A Física trabalhada no ambiente escolar é distinta da Ciência Física, aprimorada em laboratórios e em outros ambientes de pesquisa, apesar de ambas estarem estreitamente interligadas. Os assuntos a serem ensinados são simplificados, para possibilitar seu ensino e aprendizagem (BRASIL, 2006).

Nessa direção o ensino da Física faz-se necessário, por ser um intermediário importante na preparação dos estudantes, desde o nível fundamental, até o superior, em virtude do mesmo contribuir com as instigações a uma sociedade que busca agregar, progressivamente, as inovações científicas e tecnológicas, com o bem comum a todos que vivem em comunidade.

Entretanto, a inserção do ensino de Física, na execução do processo de ensino e aprendizagem, ocorre da seguinte forma, na maioria das escolas brasileiras de educação básica, como discorre Moreira (2011):

Geralmente começa com algumas aulas na última série do Ensino Fundamental e segue no ensino médio com cada vez menos aulas por semana. E começa por Cinemática, Estática e Dinâmica, com ênfase em um exacerbado formalismo, supostamente preparatório para o exame de ingresso à universidade. O resultado é conhecido: os alunos veem a Física como um amontoado de fórmulas que memorizam mecanicamente e procuram saber aplicá-las a situações conhecidas. Passadas as provas, esquecem praticamente tudo, mas ficam, muitos para sempre, com a impressão de que a Física é uma matéria difícil, aborrecida, que não precisa

ser entendida, apenas decorada. Não aprendem a gostar da Física. Ao contrário, desenvolvem uma predisposição negativa em relação a ela. É comum que mais tarde, quando adultos, digam, até com um certo grau de satisfação, que de Física nada sabem (MOREIRA, 2011, p. 4).

O fato da Física ensinada na escola ser a do século XIX contribui para a falta de compreensão acerca dos princípios científicos, ligados às tecnologias modernas presentes no cotidiano dos alunos. Mesmo assim, verifica-se a insistência em ensinar os estudantes a formulação da Física Clássica, em detrimento da Física Moderna e Contemporânea (FMC) que, geralmente, permite uma compreensão mais fidedigna de tecnologias modernas, como é o caso da Amplificação de Luz por Emissão Estimulada de Radiação (Laser) e o Diodo Emissor de Luz (LED).

Decorrido mais de três décadas do início dos debates sobre a inserção de FMC na educação básica brasileira, o que se tem hoje é uma sociedade com inúmeros avanços científicos e tecnológicos. Mas, com um ensino focado na Física do século XIX. Sobre este debate, Pinto e Zanetic (1999) propõem que:

[...]. É preciso transformar o ensino de Física tradicionalmente oferecido por nossas escolas em um ensino que contemple o desenvolvimento da Física Moderna, não como uma mera curiosidade, mas como uma Física que surge para explicar fenômenos que a Física Clássica não explica, constituindo uma nova visão de mundo. Uma Física que hoje é responsável pelo atendimento de novas necessidades que surgem a cada dia, tornando-se cada vez mais básicas para o homem contemporâneo, um conjunto de conhecimentos que extrapola os limites da ciência e da tecnologia, influenciando outras formas do saber humano. Portanto, os vários campos abertos pela física deste século devem ter sua presença garantida nos currículos de nossas escolas médias, particularmente a Física Quântica e a Física Relativística que abriram novos horizontes de exploração científica inimagináveis aos olhos dos cientistas clássicos. (Pinto e Zanetic, 1999, p.7-8).

A atualização do currículo no ensino de Física incluindo a FMC, tem a intenção de despertar nos estudantes as competências e habilidades propostas nos documentos oficiais, por isso os Plano Nacional do Livro Didático (2021) abordam os tópicos de FMC com mais ênfase, para assim alcançar-se uma alfabetização científica que é necessária e cobrada há anos como, nos PCNEM:

o aprendizado de Física deve estimular os jovens a acompanhar as notícias científicas, orientando-os para a identificação sobre o assunto que está sendo tratado e promovendo meios para a interpretação de significados (BRASIL, 2009, p.235).

E citado também na BNCC:



[...] criar condições para que eles possam explorar os diferentes modos de pensar e de falar da cultura científica, situando-a como uma das formas de organização do conhecimento produzido em diferentes contextos históricos e sociais, [...] (BNCC, 2018, p.537).

Neste sentido, a falta de uma alfabetização científica permite o mau uso de informações, como é o caso das *Fake News*, responsáveis por gerar desinformações em várias ocasiões; os terraplanistas que insistem em negar a ciência em pleno século XXI e, por fim, os adeptos de *coaches* quânticos que insistem em distorcer conceitos ligados a essa área de estudo da Física, com assuntos que nada têm a ver com Física. Percebe-se também que a falta de divulgação de mídias que realmente contém os informes corretos, como canais no Youtube® de instituições respeitadas<sup>1</sup>, feiras e/ou mostras científicas, a Olimpíada Nacional de Ciências (ONC), ou o próprio site da Sociedade Brasileira de Física (SBF)<sup>2</sup>, torna esses eventos absurdos, que deveriam ser praticamente isolados ou escassos, infelizmente, em algo comum.

Somando-se a problemática que foi exposta, apontam-se duas constatações, no que diz respeito ao processo de construção do conhecimento, de suma importância para o processo de ensino e aprendizagem de Física:

1ª A falta de inserção de estratégias pedagógicas-metodológicas que sejam pautadas nas teorias de educação e/ou aprendizagem significativa. Pois, estas estratégias têm-se mostrado fundamentais na construção do conhecimento, com mais significado para os estudantes, tornando-os protagonista em suas vidas acadêmicas;

2ª A falta do uso de Objetos Digitais de Aprendizagem (ODA), como hipertextos, imagens, vídeos, animações e simulações computacionais, produzidos por meios das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), ou Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação<sup>3</sup> (TDIC).

Acerca das duas constatações anteriores, Fiolhais e Trindade (2003) afirmam que:

Entre as razões do insucesso na aprendizagem em Física são apontados métodos de ensino desajustados das teorias de aprendizagem mais recentes assim como falta de meios pedagógicos modernos. A necessidade de diversificar métodos para combater o insucesso escolar, que é particularmente nítido nas ciências exatas, conduziu ao uso crescente e diversificado do computador no ensino da Física. (FIOLHAIS e TRINDADE, 2003, p. 259).

---

<sup>1</sup>Site disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/v1/home/index.php/pt/fisica-ao-vivo>

<sup>2</sup>Site disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/~obfep/>

<sup>3</sup> Como é mencionado atualmente na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Conforme as competências da BNCC.

Já os Parâmetros Curriculares Nacionais (2002) apontam que:

A escola não pode ficar alheia ao universo informatizado se quiser, de fato, integrar o estudante ao mundo que o circunda, permitindo que ele seja um indivíduo autônomo, dotado de competências flexíveis e apto a enfrentar as rápidas mudanças que a tecnologia vem impondo à contemporaneidade. (BRASIL 2002, p. 229-230).

O uso de dispositivos tecnológicos, como os computadores, celulares e *tablets*, aliados às redes sociais, revolucionaram as formas de comunicação da sociedade moderna. Nessa direção, cabe ressaltar que a Física desempenha um papel fundamental no desenvolvimento dessas tecnologias, em questões ligadas às teorias, experimentação ou engenharia de sistemas. Há uma quantidade enorme de aplicativos disponíveis para serem usados no ensino de Física. Mas, na escola, as aulas de Física continuam o mais tradicional possível, incentivando a aprendizagem mecânica, instruindo para os exames, como vestibular e o ENEM (MOREIRA, 2015). Assim, ressalta-se a importância dos ODA como as simulações computacionais, para o processo de ensino e aprendizagem de Física.

Medeiros e Medeiros (2002) definem que:

Simulações computacionais vão além das simples animações. Elas englobam uma vasta classe de tecnologias, do vídeo a realidade virtual, que podem ser classificadas em certas categorias gerais baseadas fundamentalmente no grau de interatividade entre o aprendiz e o computador (Medeiros e Medeiros 2002, p.48 apud Gaddis<sup>4</sup>, 2000).

Em outros termos, Rosa, Treitin e Biazus (2017) afirmam que:

Por simuladores computacionais entendem-se os que envolvem a criação de ambientes que simulam situações reais, possibilitando explorar as que, por vezes, são difíceis de serem visualizadas ou vivenciadas em sala de aula (ou laboratório). (ROSA; TREINTIN e BIAZUS 2017, p.30).

Desse modo, segundo Bacich e Moran (2018) “desde o final do século passado, com a introdução do uso dos computadores na escola, diversas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de identificar estratégias e consequências dessa utilização (BACICH e MORAN, 2018, p.15). Assim:

Diante dos desafios atuais interpostos à educação de distintos níveis, modalidades e contextos, é pertinente retomar o significado, o sentido, as

---

<sup>4</sup> GADDIS, B. (2000). Learning in a Virtual Lab: Distance Education and Computer Simulations. Doctoral Dissertation. University of Colorado.

teorias e as possibilidades de desenvolvimento da prática pedagógica por meio de metodologias ativas. O estudo sobre a inserção de metodologias ativas na educação, sobretudo por meio do uso das tecnologias digitais no processo de ensino e aprendizagem, não é recente. O envolvimento das instituições de ensino, de professores e demais profissionais da educação nesse processo de implementação das tecnologias digitais é considerado um desafio, e discussões sobre o tema são recorrentes em diferentes instâncias (BACICH e MORAN, 2018, p.9-15).

Nesse segmento, para Moran (2018) “metodologias são grandes diretrizes que orientam os processos de ensino e aprendizagem e que se concretizam em estratégias, abordagens e técnicas concretas, específicas e diferenciadas” (MORAN, 2018, p.4). Dessa forma ele define Metodologias Ativas como:

São grandes estratégias de ensino centradas na participação efetiva dos alunos na construção do processo de aprendizagem, de forma flexível, interligada e híbrida. As metodologias ativas, num mundo conectado e digital, expressam-se por meio de modelos de ensino híbridos, com muitas possíveis combinações. A junção de metodologias ativas com modelos flexíveis e híbridos traz contribuições importantes para o desenho de soluções atuais para os aprendizes de hoje. (MORAN, 2018, p.4).

Entende-se que essa tarefa de construção de um ensino e aprendizagem significativos, durante as aulas, não seja tão simples, pois a realidade das escolas têm sua complexidade, numerosas dificuldades a serem resolvidas, ou seja, é muito mais complicada do que somos capazes de descrevê-las e/ou analisá-las (KAWAMURA e HOSOUME, 2003). Ademais:

Propostas, como resultado de práticas e reflexões, apenas sinalizam possíveis caminhos e não podem (nem deveriam) dar conta de propor receitas de mudanças. Em tempos de mudança, a situação é particularmente estressante, pois é preciso encontrar opções novas, modificar hábitos, romper com rotinas, quase sempre sem a certeza, nem a segurança das vantagens e desvantagens dos esforços desenvolvidos”. (KAWAMURA e HOSOUME, 2003, p.22).

Diante desse cenário, os professores têm que obter um olhar inovador e/ou transformador, para exercerem sua profissão. Desempenhar o papel de docência neste momento é muito mais que produzir somente meros estudantes receptores de informações, é um ato de pesquisar possibilidades através de exemplos a serem explorados, atitudes ousadas relacionadas a vida dos estudantes. Como é proposto pelos autores Angotti; Delizoicov e Pernambuco (2018):

Na sociedade brasileira contemporânea, novas exigências estão postas ao trabalho dos professores. No colapso das antigas certezas morais, cobra-se deles que cumpram funções da família e de outras instâncias sociais; que

respondam à necessidade de afeto dos alunos; que resolvam os problemas da violência, das drogas e da indisciplina; que preparem melhor os alunos nos conteúdos das matemáticas, da ciências e da tecnologia tendo em vista colocá-los em melhores condições para enfrentarem a competitividade; que restaurem a importância dos conhecimentos na perda de credibilidade das certezas científicas; que sejam os regeneradores das culturas/identidades perdidas com as desigualdades/diferenças culturais; que gestionem as escolas com economia cada vez mais frugal; que trabalhem coletivamente em escolas com horários cada vez mais fragmentados. Em que pense a importância dessas demandas, não pode exigir que os professores individualmente considerados façam frente a elas. Espera-se, sim que coletivamente apontem caminhos institucionais a seu enfrentamento (ANGOTTI, DELIZOICOV e PERNAMBUCO 2018, p.14).

A principal função do educador hoje é desconstruir essa cultura de dependência, e fazer com que os estudantes sejam protagonistas, estimulando-os a serem a todo momento ativos tanto no ambiente escolar (sala de aula), quanto no ambiente fora da sala de aula na construção do conhecimento. Todavia, sabe-se que não será uma tarefa fácil, que poderá levar anos para que isso aconteça. Porém, se em nenhum momento forem ofertados os primeiros passos, de modo algum eles terão essa autonomia e serão os mais prejudicados, com práticas pedagógicas-metodológicas de ensino e aprendizagem defasados. Neste sentido, Rosa e seus colaboradores (2004), nos reafirmam que:

É essa mudança no conceito de ensinar física e da própria física que se precisa estabelecer no processo educacional, rompendo com uma visão de ensino que não esteja comprometido com o social e com o desenvolvimento mental do educando. Necessita-se de um ensino comprometido com a mudança, com o amadurecimento dos indivíduos dentro de uma perspectiva mais ampla e integradora das ciências e da sociedade. É no ensino voltado para a realidade dos alunos que se acredita estar a possibilidade de a física perder o seu caráter de mero componente curricular, da qual a maioria dos alunos fugiria se fosse possível (ROSA e ROSA 2004, p.8).

Mediante o exposto, o objetivo geral deste trabalho é abordar o assunto interação da radiação com a matéria, para contribuir na melhoria da qualidade do ensino e aprendizagem de Física, ministrado em sala de aula, seja ela presencial e/ou virtual em turmas de educação básica, em escolas públicas do Estado do Pará.

Os objetivos específicos são integrar especificamente os conceitos de Absorção, Emissão Espontânea e Emissão Estimulada por meio das TDIC, a uma sequência didática visando facilitar o trabalho do docente com recursos tecnológicos que acrescentem mais dinamismo às práticas pedagógicas-metodológicas, facilitando a compreensão dos assuntos a serem assimilados pelos estudantes no seu dia-a-dia.

Para isso, utilizou-se neste trabalho, três recursos tecnológicos, empregados como ferramentas de ensino, associadas às metodologias e teorias de aprendizagem

ativas. Estas ferramentas são os softwares: Blender®, CmapToos® e Scratch®. Com elas, pode-se produzir Objetos Digitais de Aprendizagem, como: hipertextos e imagens de ótima qualidade; mapas conceituais e/ou mentais, muito bem empregados para revisão e fixação dos assuntos abordados; animações para introduzir os conceitos necessários ao entendimento de alguns fenômenos e simulações computacionais, em que os estudantes possam variar parâmetros para compreender a dinâmica dos efeitos físicos envolvidos.

Esta dissertação está organizada em seis capítulos, da seguinte maneira: no Capítulo 1 será apresentada uma pequena discussão a respeito das temáticas relevantes no ensino da Física, em especial Física Moderna e Contemporânea (FMC) e também sobre o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), por meio dos Objetos Digitais de Aprendizagem (ODA). No Capítulo 2 será abordada a importância da inserção das teorias de educação e de aprendizagem significativa e crítica, junto às metodologias ativas. No Capítulo 3 serão discutidos alguns aspectos históricos, conceituais e as aplicações encontradas, tanto no cotidiano, como na medicina, indústria e tecnologia, do tema escolhido, interação da radiação com a matéria: absorção, emissão espontânea e emissão estimulada, em um sistema de dois níveis de energia. No capítulo 4 serão apresentadas as duas metodologias empregadas na dissertação e a descrição dos ODA que foram confeccionados no decorrer do trabalho. No capítulo 5 serão analisados os resultados obtidos e as discussões geradas a partir da realização da junção das metodologias ativas e os ODA. Finalizando, no capítulo 6 serão apresentadas as considerações finais que o trabalho proporcionou com sua execução.

## Capítulo 1

### Revisão da literatura

No presente capítulo serão abordadas questões sobre como o processo ensino aprendizagem da disciplina Física tem se desenvolvido na maioria das escolas brasileiras, além do aprofundamento nas discussões sobre a importância de se inserir Física Moderna e Contemporânea na educação básica, conforme o levantamento bibliográfico realizado durante essa pesquisa, nenhum trabalho foi encontrado no site do MNPEF<sup>5</sup> com as temáticas geradoras desta dissertação, Interação da Radiação com a Matéria: Absorção, Emissão Espontânea e Estimulada de Energia. Além disso, será abordada a relevância dos Objetos Digitais de Aprendizagem (ODA) confeccionados por meio das TDIC, como os softwares: Blender®, CmapTools® e Scratch®, juntos a possíveis estratégias pedagógicas-metodológicas.

### 1. Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica

#### 1.1.2 O ensino de Física nas escolas brasileiras

A construção do ensino de física para a execução da aprendizagem na maioria das escolas brasileiras, como se tem observado, vem se tornando somente um processo de decorar fórmulas para resolver problemas, passar nos exames finais e no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Ou seja, a perpetuação do ensino denominado tradicional. Salieta-se ainda que, infelizmente, é cada vez mais comum nas escolas de hoje encontrar professores de física enfrentando grandes problemas em construir os conhecimentos ligados aos conceitos estudados pela Física e transmitir esses conhecimentos para seus alunos de maneira prazerosa, contextualizada e funcional (ALVES e STACHAK, 2005).

Neste sentido, Cerqueira (2004) aponta duas questões como vitais para essa má qualidade quando se trata do ensino. A primeira seria a ineptidão dos estudantes com relação aos conteúdos estudados no ensino médio e a segunda seria o desinteresse por parte destes junto ao ensino de Física.

---

<sup>5</sup> Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/>

Segundo o autor acima citado, o que se nota é o desinteresse, o fracasso escolar e a falta de motivação para assimilar os assuntos abordados no decorrer das aulas. Desse modo, ocorre uma ausência no entendimento dos estudantes no processo evolutivo da construção dos conceitos ligados à disciplina Física.

Portanto, sabe-se que muitas são as adversidades e limitações quando se tratam de questões ligadas à construção do conhecimento no processo de ensino e aprendizagem, principalmente na área do conhecimento que engloba a Física. No entanto, aumentam-se as cobranças aos estudantes sobre a importância da construção dos conceitos ligados ao conhecimento científico.

Almeja-se uma alfabetização científica em que os estudantes saibam identificar e verificar representações a partir de situações envolvendo problemáticas para então reconhecer modelos conceituais e estratégias ligadas a estes conhecimentos (JUNIOR, 2011). Defende-se uma educação em que os conhecimentos contribuam com problemáticas reais e cotidianas.

### **1.1.3 A importância do ensino de Física Moderna e Contemporânea para atualização dos currículos da educação básica**

A Física foi incluída como disciplina permanente na educação básica em 1970. De acordo com Ostermann e Ricci (2002) pode-se dividir cronologicamente o estudo da Física em três períodos: o da Clássica, da Moderna e da Contemporânea. Atualmente, a Física encontra-se no currículo da educação básica, por meio da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (BNCC, 2018).

A rotina habitual dos professores e dos alunos conta cada vez mais com modernos equipamentos eletrônicos, por exemplo: computador, os *displays* de cristal líquido ou LED, sensores de leituras óticas, fotocopiadoras, impressoras à *laser*, portas e torneiras automáticas, controles remotos, fibras óticas, entre outros. Estes dispositivos são encontrados nos mais variados estabelecimentos e por isso, torna-se crucial que os estudantes, principalmente da educação básica, conheçam os fundamentos da tecnologia atual, já que ela atua diretamente em sua vida e certamente definirá o seu futuro profissional (VALADARES e MOREIRA, 1998).

Não é de hoje que se tem debatido sobre a importância da inserção da FMC na Educação Básica. No caso do Ensino Médio, esse debate já tem algumas décadas (SOARES; BELICH JR e HELAYEL NETO, 2018).

Nesse segmento, Ostermann e colaboradores (1997) elencam alguns motivos para abordar os conteúdos ligados à FMC na educação básica nas escolas brasileiras, que seriam incentivar e buscar conhecer a FMC, no intuito de despertar a curiosidade deles para apontar os grandes avanços científicos ocorridos após 1900. Principalmente, pelo fato de que esses avanços proporcionaram inúmeras transformações na sociedade e no modo de vida.

Como já foi citado anteriormente, não faz sentido os estudantes permanecerem estudando apenas áreas de conhecimentos ligados à Física clássica, tendo em vista que a FMC é uma área de conhecimento que pode atrair esses estudantes para serem futuros pesquisadores, professores ou cientistas. (OSTERMANN, FERREIRA e CAVALCANTI, 1997).

Além dos motivos expostos anteriormente, a inserção da FMC na educação básica se justifica, pois tal área da Física é relevante para o aprimoramento das ciências e/ou tecnologias modernas. Por conseguinte, cabe aos professores transmitirem, de forma acessível, as leis e princípios da Física Moderna e Contemporânea, para assim, permitirem um processo de ensino e aprendizagem de maneira mais significativa (OSTERMANN e MOREIRA, 2001).

Consequentemente, além dessa tendência em atualizar o currículo com tópicos de FMC, para que os estudantes saibam sobre as áreas de conhecimentos da Física após 1900, há a necessidade de compreensão de que a sociedade atual busca formar cidadãos com consciência social e participativo dentro da comunidade. (OSTERMANN e MOREIRA, 2001).

Nesse sentido, o entendimento dos estudantes sobre certos conceitos que envolvem o estudo da Mecânica Quântica e o seu desenvolvimento correspondente ao nível universitário e sua inclusão no ensino médio têm se convertido em temas atuais na pesquisa em Ensino de Ciências (GRECA; MOREIRA e HERSCOVITZ, 2001; MOREIRA, 2018).

A superação de deficiências curriculares do aluno requer grande esforço por parte dele e muito apoio dos professores. Quando há um planejamento interdisciplinar nesse sentido, consegue-se grandes mudanças em pouco tempo. Mas, uma dificuldade tão grande quanto ensinar Física para alunos despreparados é conseguir



elaborar e executar esse planejamento interdisciplinar nas escolas de ensino médio atuais. Resta ao professor elaborar seu plano de curso priorizando a superação das limitações do aluno a todo o momento do seu trabalho. Para isto, é necessário propor atividades que motivem o aluno a ler, escrever, calcular e reelaborar seus pensamentos (CERQUEIRA, 2004).

A implementação dessas atividades motivadoras implica em uso de estratégias pedagógicas-metodológicas, como o uso de ODA, produzidos através das TIC e/ou TDIC no processo de ensino e aprendizagem de alguns conceitos físicos, das várias áreas de conhecimento da Física. Os ODA estão em conformidade com os Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 2006) que ressaltam colocações significativas, com relação aos métodos de ensino. Ou seja, que tais métodos sejam modificados para levar os estudantes a capacitar-se a responder suas atividades, buscando informações e usando de modo contextualizado, assim quando solicitado.

No ambiente escolar, é de suma importância que o processo de aprendizagem seja constituído de uma atitude reflexiva e ao mesmo tempo autocrítica mediante os possíveis erros. Nessa perspectiva, os Parâmetros Curriculares Nacionais enfatizam que o ensino deve auxiliar na formação e também estruturar o raciocínio para uma efetivação dos conhecimentos adquiridos junto aos estudantes (BRASIL, 2006, p.46).

Sendo assim, cabe ressaltar que o papel desempenhado pelos professores em sala de aula, junto a seus estudantes, jamais poderá ser substituído por nenhuma tecnologia, devido essa função ser indispensável, em qualquer nível de ensino e/ou instituição. Assim, "O trabalho de ensino é parte integrante do processo educacional mais global, para que os membros da sociedade estejam preparados para sua participação na vida social" (LIBÂNEO, 2013. p.5).

## **1.2 O uso de recursos tecnológicos educacionais no ensino e aprendizagem de Física**

O contexto histórico da utilização do computador no ambiente acadêmico, segundo Fiolhais e Trindade (2003), costuma ser dividido em dois períodos, sendo que o primeiro foi antes do surgimento dos computadores pessoais, durante o final da década de 70 do século XX e o segundo período seria após esse surgimento, fato este que simbolizou a democratização do uso dos computadores (FIOLHAIS e TRINDADE, 2003).

Nessa perspectiva, aponta-se o emprego desses equipamentos para um engajamento entre os conteúdos e os estudantes nas salas de aulas. As TIC podem

exercer um papel muito importante no processo de aprendizado dos estudantes da educação básica. Com relação ao ensino de Física, as TIC podem contribuir de forma mais significativa, quando associadas ao uso de Metodologias Ativas de ensino e aprendizagem, apoiando o trabalho do professor oferecendo-lhe um material científico-pedagógico que contemple a fundamentação teórica e metodológica, no intuito de sugerir novas formas de abordar o conhecimento durante as aulas.

Sob o mesmo ponto de vista Rosa; Treintin e Biazus (2017) acentuam a relevância das TIC na busca de melhores estratégias para o ensino de Física na educação básica. Pois,

o uso das tecnologias como subsídio didático tem sido cada vez mais requisitado por alunos e professores e, aos poucos, vem se consolidando como uma importante e indispensável ferramenta no contexto educacional. Esse crescente interesse pode ser reflexo da intensa presença desses dispositivos no cotidiano das pessoas – especialmente dos jovens –, sejam elas adeptas ou não desses dispositivos. Com efeito, o contato diário dos sujeitos com as tecnologias tanto de comunicação como de interação torna sua presença no contexto educacional, mais do que uma alternativa didática, um recurso imprescindível para a aprendizagem, sobretudo em áreas diretamente vinculadas à tecnologia, como é o caso da Física. (ROSA; TREINTIN e BIAZUS, 2017, p.25).

Para o ensino de Física, tais colocações são de extrema importância, visto que o uso das TIC tem desempenhado funções essenciais na busca de um ensino de melhor qualidade e que promova uma aprendizagem significativa. Inclusive a produção dos ODA, por meio de softwares educacionais, tem por objetivo favorecer nas aulas como um recurso complementar junto ao trabalho do professor. Os softwares educacionais foram desenvolvidos objetivando fins educacionais e ainda que alguns não acreditem, eles podem sim ser empregados para tal finalidade, de ser úteis para a construção do processo de ensino e aprendizagem (ROSA; TREINTIN e BIAZUS, 2017).

Portanto, a maneira usual como encontra-se a abordagem de assuntos direcionados ao ensino e aprendizagem de Física, através de aulas tradicionais, dispondo apenas de giz, lousa, livro-texto, exercícios impressos e muita boa vontade do professor, tem se confirmado como insuficiente para uma compreensão significativa de um determinado assunto, principalmente os de FMC. Encontrar e dispor de novas estratégias, associadas a recursos, como por exemplo as TIC, são atribuições ligadas aos professores transformadores, que compreendem,

progressivamente, que os estudantes necessitam construir essa independência na busca de conhecimento. (CASTILHO e RICCI, 2006).

### **1.2.1 Animações e simulações computacionais como recursos educacionais no ensino/ da Física**

Nos últimos anos no Brasil, conduziram-se projetos e pesquisas relacionados a recursos computacionais com conteúdos educacionais, no intuito de proporcionar uma participação ativa e construtiva entre professores e estudantes, para o ensino de Física, principalmente no que diz respeito à FMC.

Concomitante a isso, a Base Nacional Comum Curricular traz questões que reforçam ainda mais o uso das TIC em um contexto escolar, uma vez que a contemporaneidade vem sendo marcada por grandes desenvolvimentos em diversas áreas tecnológicas. Assim, percebe-se que o uso do computador e das TDIC ganharam um importante papel em atividades executadas no dia-a-dia de todos na sociedade contemporânea (BNCC, 2018). Além disso, são responsáveis pelas mais variadas transformações, principalmente, na maneira como as pessoas se comunicam, pois, essas TDIC vêm se consolidando como um pilar para o funcionamento da sociedade e sua relevância tende a se acentuar fortemente no futuro.

Nessa perspectiva, as TIC têm se manifestado satisfatoriamente no apoio do ensino de Física, através dos ODA, como instrumentos auxiliares nas elucidações de experiências que eventualmente não possam ser realizadas no laboratório da escola: resoluções de situações problemas, produções de textos e hipertextos, aquisições de dados, animações e simulações computacionais (CASTILHO e RICCI, 2006).

Em outros termos, as TIC têm sido utilizadas para aprimorar a qualidade do processo de ensino e aprendizagem, especialmente em Física, onde os estudantes podem visualizar representações dos fenômenos que estão sendo estudados e assim, aprender melhor os conteúdos (SOARES e MORAIS, 2015).

Nesse cenário, Gonçalves, Veit e Silveira (2006) realçam o quanto as TIC exercem uma grande efetivação para a construção do entendimento, principalmente, de conceitos físicos. Um bom exemplo seriam as multimídias, recursos didáticos muito utilizados por combinar imagens, sons, texto, simulações computacionais e animações (vídeos) tornando-se importantes aliados para o aprendizado, além de

proporcionar uma interatividade e um vislumbre dos modelos que são inspirados na realidade. Permitindo, assim, uma assimilação favorável dos conceitos estudados, com maior eficiência para o processo de ensino e aprendizagem, no que diz respeito à aula tradicional, composta pela explicação oral dos professores com quadro e giz ou pincel (GONÇALVES, VEIT e SILVEIRA, 2006, p.93).

Com relação aos conceitos de algumas TDIC, Araújo e Veit (2008) definem que:

- *modelagem computacional* é o processo de construção, implementação e uso de uma simulação (modelo) computacional, a partir, principalmente, de modelos lógicos (regras lógicas), matemáticos (equações) ou icônicos (metafóricos). A construção de simulações computacionais com os aplicativos *Worldmaker*, *Modellus* e *Powersim*, respectivamente, ilustra esse processo;
- *simulações* computacionais, sinônimo de modelos computacionais, são versões computacionais de representações de conceitos fatuais (com base empírica) ou formais (matemáticos);
- *animações* computacionais são representações gráficas de elementos visuais em movimento. (ARAÚJO e VEIT, 2008.p.2).

Nessa direção, encontram-se dispostas na BNCC, as competências e habilidades necessárias ao desenvolvimento dos estudantes, quanto ao uso desses recursos tecnológicos em suas vivências acadêmicas, nas diferentes áreas de conhecimentos, que são:

- buscar dados e informações de forma crítica nas diferentes mídias, inclusive as sociais, analisando as vantagens do uso e da evolução da tecnologia na sociedade atual, como também seus riscos potenciais;
- apropriar-se das linguagens da cultura digital, dos novos letramentos e dos multiletramentos para explorar e produzir conteúdo em diversas mídias, ampliando as possibilidades de acesso à ciência, à tecnologia, à cultura e ao trabalho;
- usar diversas ferramentas de software e aplicativos para compreender e produzir conteúdo em diversas mídias, simular fenômenos e processos das diferentes áreas do conhecimento, e elaborar e explorar diversos registros de representação matemática;
- utilizar, propor e/ou implementar soluções (processos e produtos) envolvendo diferentes tecnologias, para identificar, analisar, modelar e solucionar problemas complexos em diversas áreas da vida cotidiana, explorando de forma efetiva o raciocínio lógico, o pensamento computacional, o espírito de investigação e a criatividade (BNCC, 2018. p. 474-475).

Por todos os aspectos mencionados anteriormente, convém ressaltar que o uso das TIC, para desenvolver os ODA, como, por exemplo, animações e simulações computacionais, são de grande relevância para todos que compõem o ambiente escolar. Entretanto, deve-se elencar algumas características sobre as simulações computacionais, como o fato de que não se deve empregar apenas este recurso na construção do processo de ensino e aprendizagem, todavia empregá-lo como um

recurso a mais, no intuito de modificar as aulas que ocorram de maneira tradicional. Pois,

[...]. A simulação computacional deve ser usada como ferramenta de ensino de maneira consciente e estruturada, fazendo parte das atividades dos alunos de forma constante, mas não exclusiva. [...]. Dessa maneira, compreende-se que não se pode transformar o ensino de Física somente com o uso de informática, computadores e simulações computacionais, mas pode-se ampliar a oportunidade de ocorrer a construção do conhecimento em contextos que passem por processos informatizados, de vários conteúdos e disciplinas, principalmente a Física. (CARDOSO e DICKMAN, 2012, p.896).

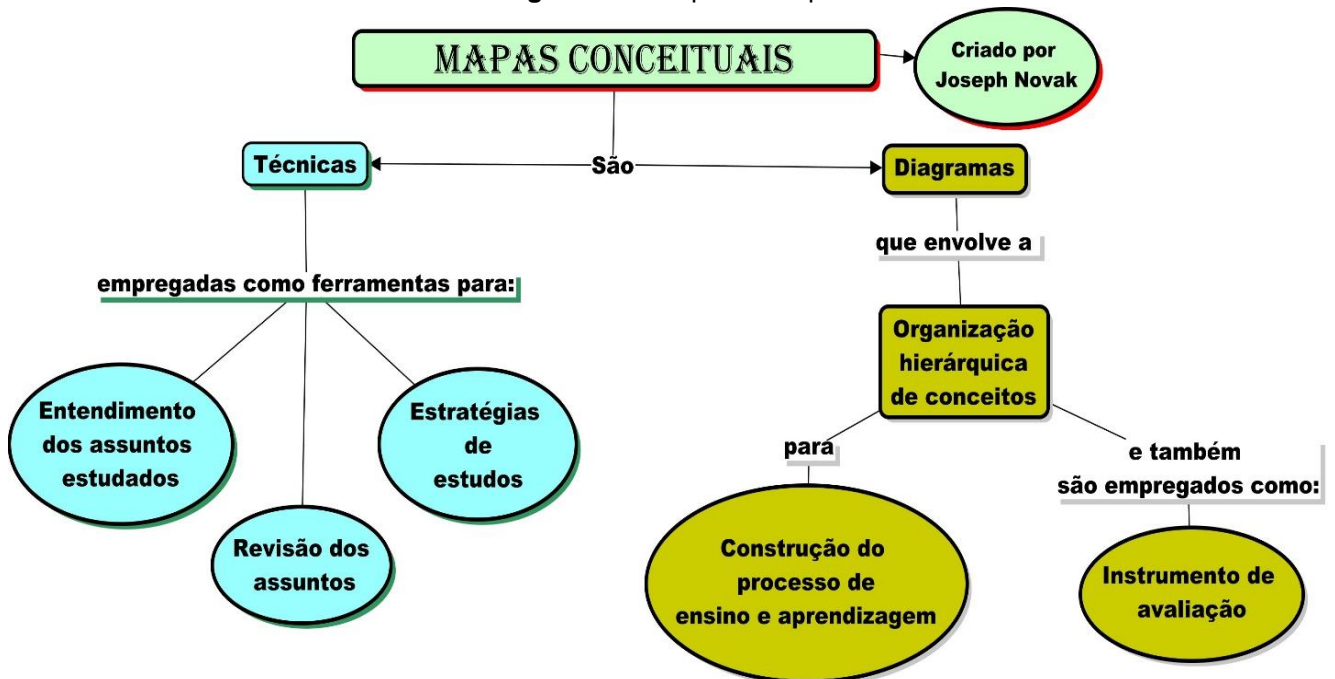
Portanto, conforme todas as questões levantadas anteriormente, ressalta-se que o uso das TIC ou TDIC na ambiência escolar pode auxiliar sim em questões sociais de cultura, em normas e tradições de grupos, como também no âmbito pessoal, ocasionando interações e a produção de saberes, pois, a educação fundamental é feita pela vida (MORAN, MASSETTO e BEHRENS, 2000).

### **1.3 Mapas conceituais e mentais como recursos educacionais no processo de ensino e aprendizagem**

Os mapas conceituais e/ou mentais são técnicas muito úteis, quando empregadas como ferramentas, para o entendimento de determinados assuntos, pois exercem muito bem a função de revisão de conteúdo. Aliás, eles encarregam-se como estratégias satisfatórias de revisões e verificações para a aprendizagem, necessária à fixação de conhecimento na estrutura cognitiva dos estudantes. Neste sentido, A principal diferença entre esses dois recursos educacionais os mapas conceituais e mentais são que, os mapas conceituais usam apenas palavras conceitos para serem montados. Já os mapas mentais usam tanto as palavras conceitos quanto imagens na sua formação (MOREIRA, 2010; 2012); (CAMARGO e DAROS, 2018).

Ademais, os mapas conceituais são uma possibilidade de diminuir o efeito do esquecimento a longo prazo, pois os mesmos exercem um papel fundamental, como instrumento para implementação de seus princípios instrucionais, no qual os conceitos de uma disciplina, ou assuntos, são organizados de maneira hierarquizada, ocorrendo de formas vertical, horizontal e/ou mista (MOREIRA, 2011). Logo, “esses diagramas têm por finalidade refletir a estrutura conceitual hierárquica de um corpo de conhecimento” conforme o exemplo exposto na figura 1 (MOREIRA, 2011, p.80).

Figura 1: Exemplo de mapa conceitual



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

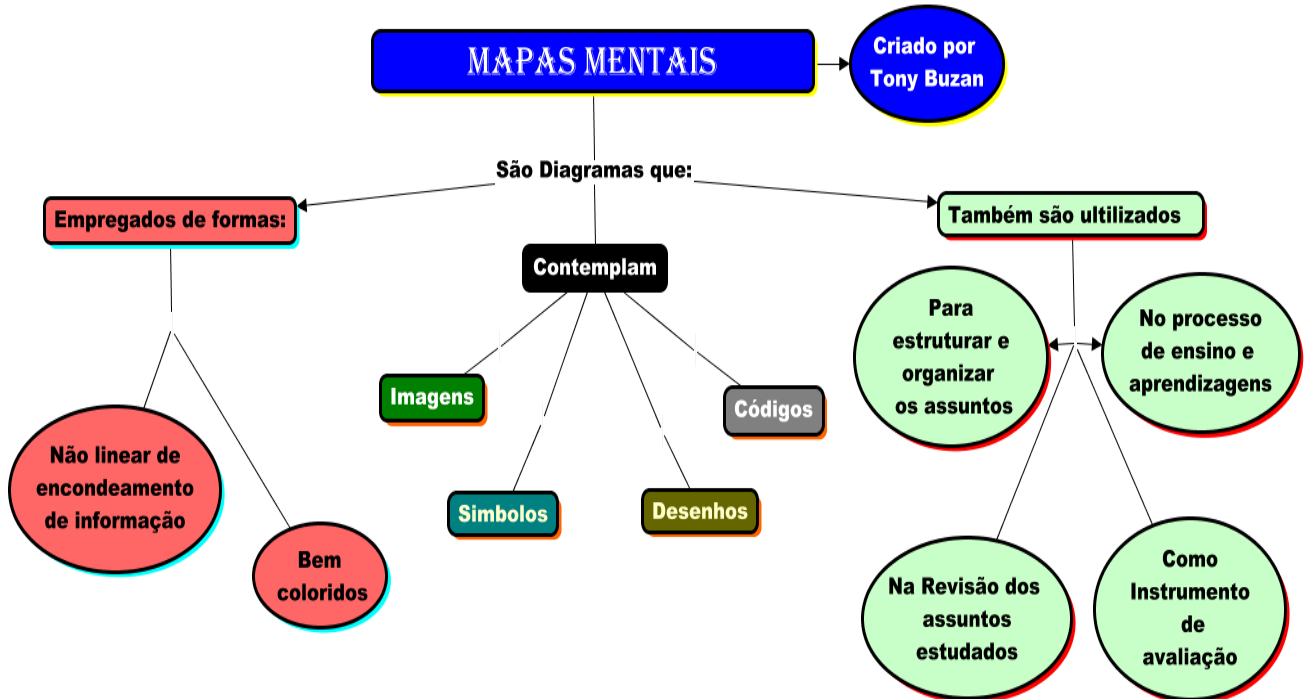
Nessa direção, vale ressaltar que os mapas conceituais se apoiam na teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel, a Teoria Cognitiva. Em outros termos, esta técnica foi desenvolvida primordialmente na década de 70 por Joseph Novak e seus colaboradores na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos (MOREIRA, 2012). Além do mais, os mapas conceituais podem funcionar como um instrumento de avaliação e de organização do conhecimento na construção do aprendizado, ligados aos conceitos abordados com palavras chaves, formadas pelos entendimentos dos estudantes na perspectiva de um aprendizado mais significativo, qualitativo e formativo (MOREIRA, 2013).

Nessa mesma perspectiva, outro aliado no processo de ensino e aprendizagem são os mapas mentais, exemplificado na figura 2, recurso excepcional criado pelo inglês Tony Buzan, na década de 1970, para aprimorar o processo de aprendizagem e a memorização utilizando uma abordagem não linear de encadeamento de informações, permitindo a revisão de todo o assunto discutido, em poucas folhas. À vista disso, Camargo e Daros (2018) esclarecem muito bem a relevância que os mapas mentais podem exercer sobre o aprendizado:

Os mapas mentais procuram representar, com o máximo de detalhes possível, a relação conceitual existente entre informações que normalmente estão fragmentadas, difusas e pulverizadas em textos curtos ou longos. Trata-se de uma ferramenta para ilustrar ideais e conceitos, lhe dar forma e contexto, traçar as relações de causa, efeito, simetria e/ou similaridade que

existem entre elas e torná-las mais palpáveis e mensuráveis, sobre os quais se possa planejar ações e estratégias para alcançar objetos específicos. Os mapas mentais são úteis para memorizar os conteúdos e, mais do que isso são uma forma de registrar – de forma inteligente e que permita revisões ultra rápidas – os assuntos compreendidos em forma de resumos que sintetizam o entendimento das matérias (CAMARGO e DAROS 2018, p.81).

Figura 2: Exemplo de mapas mentais



Nessa perspectiva, para o âmbito educacional, torna-se habitual a cada momento buscar-se modernas tendências e motivações, por todos da comunidade escolar. E um grande aliado ao que já foi exposto, para a concretização de tais ações, são os mapas conceituais e/ou mentais, quando utilizados de maneira engajada, em contextos educacionais de uma sociedade de informação e do conhecimento (GALANTE, 2013).

#### 1.4 Softwares e plataformas *online* como recursos educacionais no processo ensino e aprendizagem

Os *softwares* e plataformas educacionais têm contribuído de forma bem significativa para implementação de conteúdos com muita qualidade no processo de construção de ensino e aprendizagem, em várias áreas de conhecimento. Com relação à Física não seria diferente. Se antes havia apenas bibliotecas físicas, hoje conta-se com acervos eletrônicos em vários servidores espalhados pelo mundo.

Atualmente, basta somente ter um dispositivo que tenha como acessar a Internet e pronto: a informação fica ao alcance de uma pesquisa.

Desta forma, com a expansão das TIC, tem-se implementado novos meios para a construção do conhecimento na educação contemporânea, favorecendo a aprendizagem significativa. Inclusive, o computador, a Internet e as mídias móveis, como, por exemplo, celulares proporcionam a interação entre as pessoas em redes sociais. As tecnologias permitem que nossa comunicação seja cada vez mais rápida. Com o avanço das TIC, o ensino e a aprendizagem ultrapassaram os muros da sala de aula tradicional, permitindo que as formas de se ensinar e aprender possibilitassem maior flexibilidade de tempo e espaço, sem depender da presença física, tanto dos professores, quanto dos estudantes (MEDEIRO e ARAÚJO, 2013).

Neste trabalho buscou-se criar modelagem, via ODA, que auxiliem o processo de ensino e aprendizagem de conceitos físicos, em especial aqueles ligados à interação da radiação com a matéria: *Absorção, Emissão Espontânea e Emissão Estimulada de Energia*. Vale ressaltar que tais modelos não são o retrato da realidade em si. Os modelos são formas fictícias de representar-se os fenômenos observados, tendo em vista que o necessário seja o funcionamento adequado de suas componentes, permitindo, assim, um estudo mais fidedigno dos conceitos, como, por exemplo, os modelos das partículas elementares que não fornecem imagens fidedignas delas, no entanto, a descrição dos seus comportamentos apresentam-se de forma satisfatória, através de ilustrações e animações (PIRES, 2011).

Desse modo, os ODA que serão apresentados neste trabalho foram construídos utilizando (04) quatro recursos tecnológicos: os softwares Blender®; Scratch®; CmapTools® e a plataforma Google Workspace®. A seguir apresenta-se uma breve descrição destes recursos:

➤ Blender

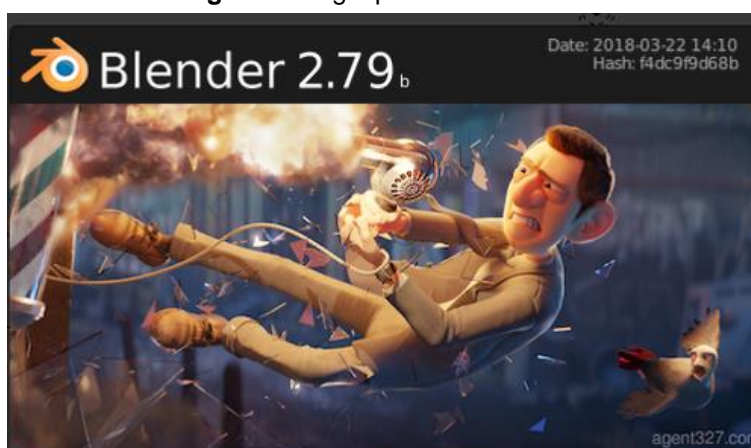
Programa de computador de código aberto, desenvolvido pela *Blender Foundation* para modelagem, animação, texturização, composição, renderização, e edição de vídeo. Ele possui ainda partes licenciadas em *Python*, permitindo a produção de animações e simulações computacionais. Assim, o programa caracteriza-se como uma multiplataforma que encontra-se disponível em diversos sistemas operacionais, como por exemplo o Windows e Linux. A versão que foi utilizada para a confecção de alguns itens neste trabalho foi 2.79 na figura 3, também



conhecida como blender3d. Essa versão foi utilizada para produzir os seguintes itens (BLENDER, MANUAL, 1994)<sup>6</sup>:

- ❖ As figuras que foram empregadas para a produção dos Mapas Mentais, para ajudar na fixação dos assuntos trabalhados nas intervenções didáticas;
- ❖ O simulador computacional responsável pela simulação *Rad&Mat*, que foi uma das principais ideias geradoras desse trabalho. Esse simulador possibilita uma aula com interação entre os estudantes e as TIC de forma direta, para que os estudantes compreendam conceitos ligados à Absorção, Emissão Espontânea e Emissão Estimulada de Energia, variando parâmetros, como por exemplo: o comprimento de onda e/ou frequência de radiação envolvidas nos processos de transição eletrônica entre os estados de energia fundamental e excitado.

**Figura 3:** Logotipo do software Blender



Fonte: Disponível em: <https://www.blender.org>. Acesso em: 15 nov. 2020.

#### ➤ Scratch

Um programa gratuito que permite a criação de projetos de programação simples que podem incluir histórias, jogos, animações interativas e, logo em seguida, compartilhá-los para mais interações figura 4. O Scratch é um projeto do *Lifelong Kindergarten Group* do *MIT Media Lab*, disponível para sistemas Windows, OS X e Linux. Ele pode ser utilizado para produção de material educativo. Por isso, foi incluído no primeiro momento pedagógico das intervenções didáticas, trazendo uma interação

<sup>6</sup> Disponível em: [https://docs.blender.org/manual/pt/dev/getting\\_started/about/introduction.html#who-uses-blender](https://docs.blender.org/manual/pt/dev/getting_started/about/introduction.html#who-uses-blender)

de diálogo, entre o personagem, cenário e os estudantes, ao responderem as perguntas que lhe foram feitas no decorrer da interação (BRASIL, SCRATCH, 2014)<sup>7</sup>.

**Figura 4:** Logotipo do Scratch



Fonte: Disponível em: [cratch.mit.edu](http://scratch.mit.edu). Acesso em: 15 nov. 2020.

#### ➤ CmapTools

Um programa gratuito, disponível para o Windows e Linux, sendo uma ferramenta muito eficiente para elaborar esquemas conceituais e representá-los graficamente, ou em mapas mentais, com a inserção de imagens como plano de fundo. O *software* como pode-se observar na figura 5 foi utilizado para confecção tanto dos mapas mentais, como dos mapas conceituais que foram empregados no terceiro momento pedagógico, disposto nos capítulos subsequentes (MANUAL, 2020)<sup>8</sup>.

**Figura 5:** Logotipo do software CmapTools



Fonte: Disponível em: <https://www.baixesoft.com/download/cmaptools>. Acesso em: nov. 2020.

<sup>7</sup> Disponível em: <http://www.scratchbrasil.net.br/index.php/sobre-o-scratch/73-conhece-scratch.html>

<sup>8</sup> Disponível em: <https://cmaptools.br.uptodown.com/windows>

❖ *Google Workspace*

Plataforma com um conjunto de produtos bem completo do Google figura 6, com soluções corporativas como documentos, planilhas e e-mails para facilitar o dia a dia das empresas e usuários. A plataforma integra processos e informações na nuvem e pode ser contratada por meio de uma assinatura mensal. Alguns de seus diferenciais em relação às ferramentas gratuitas mais conhecidas e já oferecidas pela empresa são: e-mail personalizado, armazenamento ilimitado no *Drive*, recursos editáveis que incluem agendas compartilhadas, controles administrativos avançados, entre outros (MANUAL, 2006)<sup>9</sup>. Na prática deste trabalho utilizou-se os recursos: *Google Sala de Aula*, *Drive*; *Sites*; *Agenda*; *Google Formulários*, *Gmail*, para a construção dos momentos pedagógicos da Sequência Didática.

Figura 6: Logotipo plataforma GSuite



Fonte: Disponível em: <https://workspace.google.com/intl/en>. Acesso em: 18 nov. 2020

<sup>9</sup> Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Google\\_Workspace](https://pt.wikipedia.org/wiki/Google_Workspace)

## CAPÍTULO 2

### Fundamentos Teóricos e Metodológicos

Neste capítulo será abordado o referencial teórico que conduzirá a produção desta dissertação, no qual será apresentada uma discussão a respeito de alguns tópicos das Teorias da Educação de Freire (1983), e Lipman (2010), das Teorias de aprendizagem significativa de Ausubel (1999) e Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira (2010). Além disso, os pressupostos metodológicos que serão tomados como base para inserção e aplicação nas aulas de ensino da FMC, com ênfase em alguns conceitos de Física Quântica e, também, uma abordagem sucinta sobre as TIC, para a produção de ODA, como hipertextos, animações, simuladores, mapas conceituais e mentais.

#### 2.1 Teorias Educacionais e de Aprendizagem: Pressupostos

A condição de um processo de ensino e aprendizagem que seja significativo, demanda fundamentação teórica para as seguintes práticas: Como se aprende com caráter descritivo? E/ou como se deve ensinar, para que se aprenda, com caráter normativo ou axiológico? Para assim, concretizar o aprendizado em sala de aula, inclusive com caráter pragmático operacional? STUART (2019). Levando-se em conta a relevância dessas colocações, apontadas pelo autor, em que ele menciona a importância de se aplicar essas teorias desenvolvidos por Ausubel, Moreira, Lipman, Freire, para o desenvolvimento de materiais didáticos e/ou práticas pedagógicas, afim de contribuir de maneira significativa na construção do processo de ensino e aprendizagem, principalmente nos conceitos ligados à Física, em uma perspectiva mais reflita e crítica por parte do aluno.

Inclusive, como propõe Menezes (2005):

O mundo material não está separado do mundo das ideias, das elaborações do espírito humano, e inúmeros recantos e objetos desse mundo revelam, já ao primeiro olhar, a ação humana. A natureza que investigamos é continuamente impregnada de conceitos, também relacionados ao conhecimento obtido nas atividades produtivas e transformadoras. O ser humano aprende ao realizar essa ação, assim como age a partir do conhecimento que desenvolve, sendo inseparáveis, por isso, a elaboração prática das coisas e sua elaboração conceitual, o saber prático e o saber teórico, a construção do mundo e o conhecimento do mundo. (MENEZES 2005, p.3).

Consequentemente, em um panorama educacional, habilitar os estudantes a compreenderem os fatos presentes em suas realidades, sob a perspectiva dos fenômenos naturais ou sociais, de fato é um papel muito importante na educação formal, pois é no ambiente escolar que os estudantes são instruídos a participar dos debates ativamente e tomar decisões de maneira crítica e consciente no ambiente em que vivem, sociedade contemporânea (CRUZ, 2001).

Nessa perspectiva, faz-se necessário a inserção de tais teorias, em meio a um panorama colaborativo em práticas executadas em sala de aula, principalmente para os estudantes da educação básica. Desta forma, conforme Oliveira e Ferreira (2018), convém ressaltar-se a questão de que tais teorias de educação e aprendizagem devem complementar-se para fornecer ao trabalho dos docentes, elementos metodológicos que se adequem para a concretização dessas ações em sala de aula (FERREIRA e OLIVEIRA, 2018).

## **2.1 Teoria de Educação: Alguns Aspectos**

Conforme Costa (2015) pode-se definir que a teoria defendida por Freire, a Teoria da Educação, com as seguintes características:

Educação é uma concepção filosófica e/ou científica acerca do conhecimento colocada em prática. A teoria do conhecimento freireana, por sua vez, pode ser sintetizada assim: o conhecimento é um processo social criado por meio da ação-reflexão transformadora dos humanos sobre a realidade. Já a definição específica de educação defendida por Paulo Freire pode ser expressa nos seguintes termos: educação é o processo constante de criação do conhecimento e de busca da transformação-reinvenção da realidade pela ação-reflexão humana. (COSTA, J. J.S. da. 2015, p.85)

Somando-se a tais colocações tem-se que “a educação é comunicação, é um diálogo, na medida em que não é transferência de saber, mas um encontro de sujeitos interlocutores que buscam a significação dos significados” (FREIRE, 1983, p.47). Isto é, faz-se fundamental reflexões com características teóricas, em que elas não se percam em palavras vazias ou menos ainda em verdades que não aceitem constatações, ou seja, verdades absolutas. Em outras palavras, reflexão em que a explicação do mundo deve significar a sua aceitação, transformando-se desta forma, o conhecimento do mundo em instrumento para a adaptação do homem a ele (FREIRE, 1983).

Assim, neste sentido Brocanelli (2010) apresenta algumas contribuições em certos aspectos, sobre a Teoria de Educação, discorrida anteriormente, agora através de Lipman, um importante estudioso de filosofia, que enfatizar duas condições constituintes dos homens e seus desdobramentos em coletividade, que são:

O espírito filosófico e a educação. O homem é um ser que está sempre buscando coisas novas, inventando, criando, questionando, investigando para solucionar problemas, enfim, possui um espírito filosófico insatisfeito com o que está pronto. Principalmente na criança existe com maior intensidade esse espírito investigativo, sendo uma fase da vida que não pode passar despercebida, principalmente durante os primeiros anos escolares. Dessa forma, a proposta de Lipman vai ao encontro da realidade do homem, oferecendo uma forma de não desperdiçar o momento intenso de descobertas e experiências novas que a criança vive. (BROCANELLI, 2010, p.29)

Nesta direção, vale ressaltar que, os processos de ensino e aprendizagem são correlacionados entre si, muitas vezes, há momentos que são abordados como um único processo. Entretanto, deve-se ter cuidado, pois ambos são processos diferentes, onde a aprendizagem não é uma consequência natural do ensino. Melhor dizendo, o ensino exerce como principal função a de aprendizagem, todavia, se nesse meio tempo não ocorrer a aprendizagem, não haverá concretização deste ensino. (MOREIRA e MASSONI, 2015).

No que diz respeito ao ensino da disciplina Física, torna-se fundamental que os estudantes detenham conhecimento que envolva os conceitos físicos. No entanto, como indica Menezes (2000), constata-se que:

Interessa sim que o aluno aprenda física, mas interessa também que, juntamente, aprenda os instrumentos gerais que acompanham o aprendizado da física. Em certa medida isto sempre poderia ter sido recomendado, mas trata-se de explicitar e reforçar tal fato. O mesmo vale dizer de elementos históricos, éticos e estéticos, indiscutivelmente presentes na física, mas cujo aprendizado nem sempre foi tomado como objetivo, senão como elemento de motivação, como adorno ou complemento cultural, já que o sentido central do aprendizado de outra natureza era geralmente propedêutico, ou seja, só vinha a fazer sentido em etapas posteriores à escolarização. (MENEZES, 2000, p.7).

Muito se tem discutido, recentemente, acerca do ensino e aprendizagem construído em sala de aula. Dessa maneira, em conformidade com Capecchi (2019), o ambiente escolar, composto por professores e estudantes, pode caracterizar-se como um espaço de encontro entre conhecimentos. A relação pedagógica, composta pela tríade professor-alunos-conhecimentos, envolve diferentes dimensões, entre as quais podemos destacar: as de ordem afetivas relacionadas às expectativas de cada

um; as de ordem pedagógicas, relacionadas aos recursos didáticos e diferentes estratégias de ensino que o professor tem à sua disposição, e as de ordem epistemológica, relacionadas às características do conhecimento que se deseja ensinar. Todas essas dimensões estão envolvidas na tomada de decisões do professor em suas ações, o que exige um trabalho de constante aperfeiçoamento (CAPECCHI, 2019).

## **2.2 Teorias de: Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Significativa Crítica**

### **Aprendizagem Significativa**

A teoria da Aprendizagem Significativa, que tem David Ausubel como um dos maiores apoiadores, desempenha importante função na educação, para o processo de construção do ensino e aprendizagem. Isto é:

A aprendizagem é muito mais significativa à medida que o novo conteúdo é incorporado às estruturas de conhecimento de um aluno e adquire significado para ele a partir da relação com seu conhecimento prévio. Ao contrário, ela se torna mecânica ou repetitiva, uma vez que se produziu menos essa incorporação e atribuição de significado, e o novo conteúdo passa a ser armazenado isoladamente ou por meio de associações arbitrárias na estrutura cognitiva” (PELIZZARI *et al.*, 2002, p. 37).

A Aprendizagem Significativa de Ausubel se contrapõe a aprendizagem mecânica que é a:

Memorização, sem significado, de informações a serem reproduzidas a curto prazo; aprender mecanicamente é simplesmente decorar. Do ponto de vista cognitivo, as informações são internalizadas praticamente sem interação com conhecimentos prévios (MOREIRA, 2011, p.8).

Entretanto, a memorização se torna indispensável, quando necessita incluir conceitos e novas ideias aos estudantes. Logo, após a ocorrência da assimilação, a aprendizagem passará a ser significativa.

Segundo Ausubel, recomenda-se que o professor utilize os organizadores prévios para promover a aprendizagem. Por definição, constata-se que:

Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si. A principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já 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 facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como pontes cognitivas. (MOREIRA, 1999, p. 155).

Estes organizadores prévios devem:

1-identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material; 2-dar uma

visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes; 3-prover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficientemente, e ponham em melhor destaque o conteúdo específico do novo material, ou seja, prover um contexto ideacional que possa ser usado para assimilar significativamente novos conhecimentos. (MOREIRA, 2012, p.3).

Diante do exposto, junto à colaboração dos autores citados, pode-se refletir sobre a importância do uso de estratégias pedagógicas, com o intuito de potencializar o ensino e aprendizagem dos estudantes, também fora do ambiente escolar, especialmente, os conceitos da área de conhecimento da FMC, com uma ênfase na Física Quântica.

### **Teoria de Aprendizagem Significativa Crítica**

Nesta teoria educacional, os estudantes são transportados da sua cultura vivida diariamente, para fora dela. Ou seja, eles têm que buscar conhecimento, além do que lhe é apresentado no seu dia-a-dia. Como propõe Moreira (2010), a partir de contribuições dos autores Postman e Weingartner (1969)<sup>10</sup>. O autor enumera 11 enunciados necessários ao processo da aprendizagem significativa crítica. São eles:

1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos (Princípio do conhecimento prévio.);
2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas (Princípio da interação social e do questionamento);
3. Aprender a partir de distintos materiais educativos (Princípio da não centralidade do livro de texto);
4. Aprender que somos perceptores e representantes do mundo (Princípio do aprendiz como perceptor/representador);
5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade (Princípio do conhecimento como linguagem);
6. Aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras (Princípio da consciência semântica);
7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros (Princípio da aprendizagem pelo erro);
8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência (Princípio da desaprendizagem);
9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar (Princípio da incerteza do conhecimento);
10. Aprender a partir de distintas estratégias de ensino (Princípio da não utilização do quadro-de-giz);

---

<sup>10</sup> “Baseando-me inicialmente em ideias desenvolvidas por Neil Postman e Charles Weingartner (1969) em seu livro *Teaching as a subversive activity* e também em algumas reflexões de Postman em livros mais recentes (*Technopoly*, 1993 e *The End of Education* 1996), meu argumento neste trabalho é que, nestes tempos de mudanças rápidas e drásticas, a aprendizagem deve ser não só significativa, mas também subversiva. Meu raciocínio é o de que aprendizagem significativa subversiva é uma estratégia necessária para sobreviver na sociedade contemporânea. Contudo, o termo aprendizagem significativa crítica pode ser um rótulo mais adequado para o tipo de subversão ao qual estou me referindo. (MOREIRA, 2010, p.2).”



11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão (Princípio do abandono da narrativa). (MOREIRA, 2010, p.25).

Portanto, mediante ao exposto anteriormente, nas teorias, vale mencionar que essas teorias não devem ser consideradas, como independentes do papel que os docentes exercem na execução de suas docências. Em outros termos, elas não dispensam o papel mediador do professor. Ademais, neste sentido, não se pode ter uma ênfase apenas em uma única teoria em sala de aula (MOREIRA, 1999),

### **2.3 Metodologias Ativas: Ensino híbrido/Sala de aula invertida e Os três momentos pedagógicos**

Para dispor de uma aula prazerosa, tanto para os estudantes, quanto para os professores é vital saber qual estratégia metodológica melhor se adapta ao ambiente escolar. Pois, deve-se ter em mente que, muitas vezes, uma metodologia pode ser viável em uma turma, já em outra não.

Nesse momento de pandemia de COVID-19, uma importante aliada ao processo de ensino e aprendizagem é as metodologias ativas, processo em que os estudantes participam ativamente, não somente como meros receptores de conhecimento, não sendo capazes de reproduzi-los tempos depois, devido os mesmos não terem atingido um desenvolvimento cognitivo sólido sobre os assuntos estudados. Em outras palavras, metodologias ativas de aprendizagem nada mais são do que métodos para tornar o estudante protagonista do seu processo de aprendizagem, e não mais elemento passivo na recepção de informações (STUDART, 2019).

As metodologias ativas surgem como uma alternativa ao método tradicional de aula expositiva. De acordo com Braga (2018):

A sala de aula tradicional, baseada na hegemonia da aula expositiva, ainda é uma grande barreira a ser vencida para que a qualidade da educação melhore. Mas o que há de errado com a aula expositiva, que vem formando inúmeras gerações profissionais com relativo sucesso? Ela é uma ótima maneira de ensinar, mas uma péssima maneira de aprender. Em uma exposição, o estudante sai com a falsa impressão de que aprendeu muito, mas, na verdade, aprendeu quase nada. Ele apenas teve contato com muitas informações, pode até tê-las compreendido, mas isso não significa que tenha aprendido, pois o aprendizado efetivo exige aplicabilidade do conhecimento compreendido para que ele possa ser cognitiva e mnemonicamente fixado de forma indelével. Entretanto, cabe ressaltar que a aula expositiva é um elemento necessário no contexto educacional, mas deve ser complementar e/ou secundária no processo de aprendizagem. (BRAGA, 2018, p.5).

Diante do exposto, durante o trabalho desenvolvido nesta dissertação optou-se pelas metodologias ativas de aprendizagem, para o ensino híbrido, com ênfase na sala de aula invertida e os três momentos pedagógicos de Delizoicov (1990). Assim, em conformidade com Valente (2017), pode-se delinear o ensino híbrido da seguinte maneira:

O ensino híbrido é uma abordagem pedagógica que combina atividades presenciais e atividades realizadas por meio das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC). Existem diferentes propostas de combinar essas atividades, porém, na essência, a estratégia consiste em colocar o foco do processo de aprendizagem no aluno e não mais na transmissão de informação que o professor tradicionalmente realiza. De acordo com essa abordagem, o conteúdo e as instruções sobre determinado assunto curricular não são transmitidos pelo professor em sala de aula. O aluno estuda o material em diferentes situações e ambientes, e a sala de aula passa a ser o lugar de aprender a

tivamente, realizando atividades de resolução de problemas ou projetos, discussões, laboratórios, entre outros, com o apoio do professor e colaborativamente com colegas. (VALENTE, 2017, p.13).

### 2.3.1 Sala de Aula Invertida

A sala de aula invertida é uma modalidade do ensino híbrido esquematizado na figura 7 que comporta aulas, tanto na modalidade presencial, como *online*. Neste período de pandemia, estas metodologias ativas tornaram-se uma grande aliada à educação, principalmente, nos lugares aonde houve o fechamento (*lock down*) dos estabelecimentos de ensino.

Figura 7: Modelos de ensino híbrido



Fonte: Horn e Staker (2015, p38.)

Entende-se que pelo motivo da pandemia, todos os planejamentos que haviam sido feitos para serem executados em sala de aula física, tiveram que ser alterados.

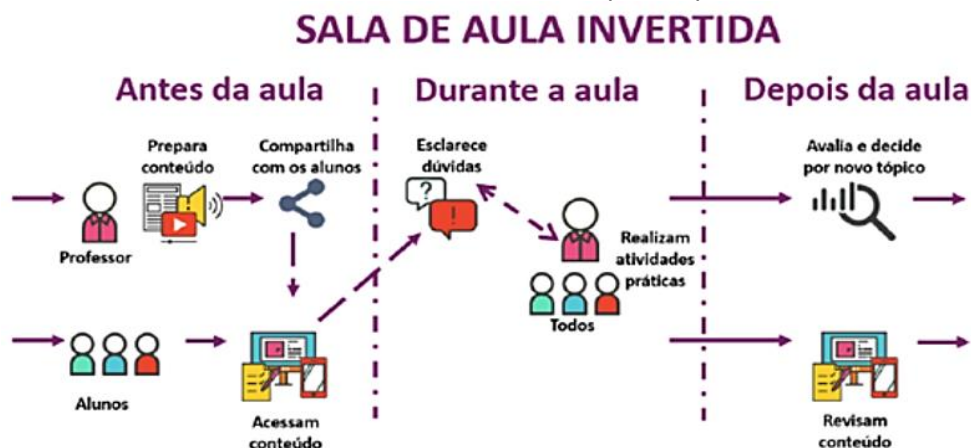
Então, surge o questionamento: como produzir algo que não se tem o convívio e/ou experiências? Uma possível solução para este momento foi tirar a escola do espaço físico e transferi-la para a *web*. Entretanto, cabe ressaltar que, com essa modalidade de ensino, todo o público alvo não será atingido, devido às diferenças econômicas e/ou sociais. Com relação às exceções (estudantes que não disponham de recursos tecnológico), deve-se propor outras estratégias de ensino, como por exemplo material impresso de boa qualidade, para que eles possam acompanhar as atividades, com os demais colegas, contribuindo para ensino e aprendizagem, na construção do conhecimento de forma, mais significativa em direção a todos os estudantes.

A motivação dos estudantes é um fator a ser levado em conta, principalmente, nestes tempos incertos. Bem como Moran (2000) coloca:

Alunos curiosos e motivados facilitam enormemente o processo, estimulam as melhores qualidades do professor, tornam-se interlocutores lúcidos e parceiros de caminhada do professor-educador. Alunos motivados aprendem e ensinam, avançam mais, ajudam o professor a ajudá-los melhor. Pais que provêm de famílias abertas, que apoiam as mudanças, que estimulam afetivamente os filhos, que desenvolvem ambientes culturalmente ricos, aprendem mais rapidamente, crescem mais confiantes e se tornam pessoas mais produtivas (MORAN, 2000, p.17-18).

Nessa perspectiva, de acordo com Studart (2019), conforme o modelo proposto por Bergmann e Sams em 2007, a sala de aula invertida (Figura 06) pode ser dividida em três fases. Sendo a **primeira fase** antes da aula “presencial”, para que nesse momento os estudantes busquem informações em vídeos, leituras, internet, entre outros, levantem dúvidas, realizem tarefas simples para, assim, envolver-se com o que lhes foi proposto. A **segunda fase** que decorre durante a aula, seja ela presencial ou virtual, servirá para que os mesmos interajam, tanto com os professores, quanto com os demais colegas da turma, de maneira colaborativa, através de suas atividades que podem ser resolução de problemas, experimentos, simulações, entre outros recursos. A fim de, então, colocar a **terceira fase** em prática, que seria depois da aula, onde os estudantes terão que, refletir sobre os temas abordados e colocá-los em ação, por intermédio da produção de textos e relatórios, verificando se sua aprendizagem foi ampliada de maneira significativa.

**Figura 8-** O modelo de sala invertida - diagrama indicando as habilidades a serem desenvolvidas em cada uma das três etapas do processo



Fonte: Schmitz, (2017, p.13)

### 2.3.2 Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov

Os três momentos pedagógicos que são empregados como uma metodologia didática-pedagógica de ensino foram propostos por Delizoicov e Angotti em 1990, quando publicaram o livro Física - Coleção Magistério 2º grau. E atualmente, esta metodologia de ensino é amplamente divulgada em trabalhos em todos os níveis de ensino (STUDART, 2019). Desse modo, os três momentos pedagógicos serão caracterizados a seguir.

#### 2.3.2.1 Problematização Inicial:

Para esse momento são expostos e/ou indicados fatos, acontecimentos e questionamentos, no que diz respeito ao tema a ser ensinado e compreendido pelos estudantes. É uma maneira de levar em consideração o que os estudantes já sabem, proporcionando, assim, uma interação a partir dos conhecimentos prévios dos estudantes. Por conseguinte, esse momento busca relacionar o conteúdo da aula às situações cotidianas que os mesmos vivenciam, entretanto, não chegam ao entendimento ou interpretação correta, por lhes faltarem o conhecimento científico adequado para isso. Neste seguimento, o professor tem a função principal de gerar questionamentos, lançar dúvidas em relação ao conteúdo de física do tópico ou unidade em aprendizado (STUDART, 2019).

### **2.3.2.2 Organização do Conhecimento:**

Para esse momento, cabe ao professor encaminhar os estudantes em “estudos para a aquisição dos conhecimentos necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial. O professor pode usar as metodologias ativas que julgue relevantes” (STUDART, 2019, p.19). Isto é, nesse momento, o professor é o principal mediador e fará uma ponte entre o que os estudantes trazem de casa, com os novos conceitos científicos apresentados na problematização inicial, para serem compreendidos, agindo de forma a não proporcionar só respostas prontas, levando os estudantes a buscarem conhecer, cada vez mais, esses conceitos e situações onde eles os encontram no seu cotidiano. Este momento pode ser potencializado, através da inserção de atividades com recursos educativos computacionais e/ou TIC, como as animações, mapas conceituais e mentais, onde os estudantes possam revisar os conteúdos de forma espaçada e as simulações computacionais, onde os mesmos podem manusear parâmetros variáveis, com o intuito de tornar o processo de ensino e aprendizagem significativo.

### **2.3.2.3 Aplicação do Conhecimento:**

Esse momento, como é proposto pelos autores Delizoicov e Angotti (1992):

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinam o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento. (DELIZOCOIV e ANGOTTI, 1992, p.29).

É desejável que esse momento seja o mais animado e/ou agradável, tanto para os estudantes quanto para os professores, pois é o momento da prática, onde coloca-se em execução o que foi desenvolvido na problematização inicial e na organização do conhecimento. Ademais, esse é o período em que os professores possam presenciar o quanto os seus estudantes evoluíram, a partir de questionamentos simples, para um discurso científico, com maior qualidade e significado, para os estudantes. Assim, essa metodologia pode contribuir muito com o objetivo de tornar os estudantes seres independentes, na eminência de futuras indagações que levariam às possíveis reflexões, que anteriormente seria improvável.

## CAPÍTULO 3

### **Interação da radiação com a matéria: Absorção, Emissão Espontânea e Emissão Estimulada de Energia**

Neste capítulo serão abordados os aspectos históricos, conceituais e aplicações encontradas tanto no cotidiano, como na medicina, na indústria e nas tecnologias que se interpõem ao tema escolhido, interação da radiação com a matéria: absorção, emissão espontânea e estimulada, em um sistema de dois níveis de energia. Esse tema foi utilizado para a confecção dos mapas conceituais e mentais; da animação no *Scratch*; da simulação computacional *Rad&Mat* e o site educativo, composto pela sala de aula virtual e também pelas abas das três etapas de cada momento pedagógico.

#### **3.1 Justificativa**

Como pontuado em seções anteriores, a inserção da Física Moderna e Contemporânea, principalmente, na educação básica, é uma questão que vem sendo debatida regularmente por diversos autores, que buscam a melhoria do processo ensino e aprendizagem de Física no Brasil (SOARES; BELICH JR e HELAYEL NETO, 2018).

Os documentos oficiais reforçam tais necessidades, ao afirmarem que certos aspectos da FMC serão imprescindíveis aos estudantes para o entendimento da constituição da matéria e da radiação, no momento em que há interação destes agentes físicos em dispositivos tecnológicos, como, por exemplo, cristais líquidos; LEDS e LASERS que estão presentes em diversas áreas, como, medicina, indústria e telecomunicações (BRASIL, 2002, 2018).

O estudo da interação da radiação com a matéria permite que os estudantes possam compreender processos interligados e correlacionados entre os modelos que constituem possíveis explicações da matéria e a radiação eletromagnética no interior dos átomos e moléculas. Isto significa que, para compreender a organização e interação da radiação com a matéria, é indispensável a compreensão do mundo microscópico (BRASIL, 2002). Em outros termos, é necessário compreender conceitos ligados a Eletrodinâmica Quântica, parte da física desenvolvida no século

XX que exerce essa competência de forma bem satisfatória, subsidiando explicações adequadas para os fenômenos de interação da radiação com a matéria.

Nesta perspectiva, optou-se por abordar, especificamente, os mecanismos de absorção, emissão espontânea e emissão estimulada de energia em um sistema de dois níveis, por ser um assunto que exerce uma relação bem significativa, com alguns recursos tecnológicos que se dispõe hoje, como, por exemplo, o LASER e o LED. Esse assunto quase não é articulado, seja em sala de aula ou em materiais didático-pedagógicos, para estudantes da educação básica, conforme o levantamento bibliográfico realizado durante a elaboração desta dissertação. Todavia, agora tornou-se obrigatório sua inserção pela BNCC (2018), já desde o 9º ano do Ensino Fundamental.

### **3.1.1 Histórico: Origem e evolução do tratamento físico da interação da radiação com a matéria**

A luz é uma forma de radiação eletromagnética e um dos agentes físicos mais importantes no dia a dia de todos, pois, sem ela, os seres humanos seriam incapazes de ser o que são. Os homens são dependentes da luz, de várias formas: para viver no planeta, progredir e resolver problemas associados às situações atuais. Através da manipulação da luz, as pessoas são capazes de detectar objetos na atmosfera, tratar doenças, desenvolver os mais altos níveis de tecnologias, em diversas áreas. Para entender tudo isto, deve-se compreender a natureza da luz, a sua interação com a matéria e suas aplicações (BAGNATO, 2020).

Historicamente, o estudo da luz sempre despertou interesse, desde a antiguidade. Em 1666, Newton aprofundou seus estudos sobre os espectros de luz, ao realizar o experimento apresentado na figura 09, onde ao incidir um feixe de luz branca sobre um prisma de vidro, esse feixe apresenta-se de maneira mais larga e colorido. Assim, Newton teria desenvolvido estudos acerca dos fenômenos de reflexão e refração da luz, propondo a natureza corpuscular da luz (MARTINS, 2011).

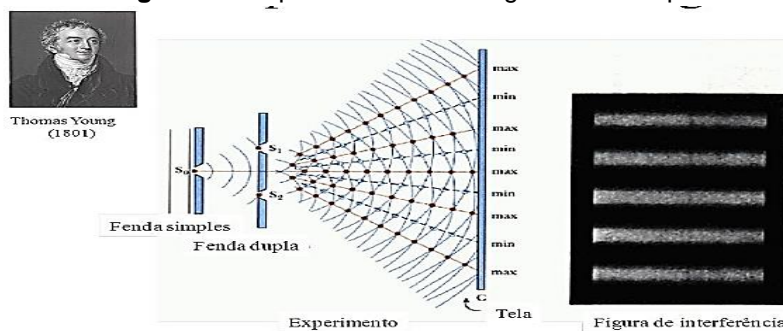
**Figura 9-** Pintura representando o famoso experimento de refração da luz de Newton



Fonte: Disponível em: <https://proec.ufabc.edu.br>. Acesso em: 10 set.2020.

Um outro experimento importante no entendimento da natureza da luz foi realizado em 1801, por Thomas Young. Ele descobriu que a luz incidente em dois furos muito próximos (feitos por um alfinete), depois de atravessá-los, se recombina, produzindo franjas alternadas (claro e escuro) sobre uma tela localizada atrás deles, como percebe-se na figura 10. Young apresentou características da natureza ondulatória da luz, ao evidenciar processos de interferência construtiva (franjas claras) e destrutiva (franjas escuras) na recombinação dos feixes de luz (BALTHAZAR e OLIVEIRA, 2010).

**Figura 10-** Experimento de Young da fenda dupla



Fonte: Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/359050/>. Acesso em: 15 agos. 2021.

Concomitante aos desdobramentos sobre a natureza da luz, houve também interesse em conhecer a natureza da matéria, em questões, como a constituição da matéria e as suas dimensões. No entanto, vale ressaltar que segundo Perez e colaboradores (2017) quando se trata do contexto histórico envolvendo os modelos atômicos é comum encontrar uma descrição de uma visão linear da ciência, onde passa a impressão que os fatos, as descobertas científicas ocorreram sem intensos debates e de modo cronologicamente ordenado. Assim, acrescenta-se que:



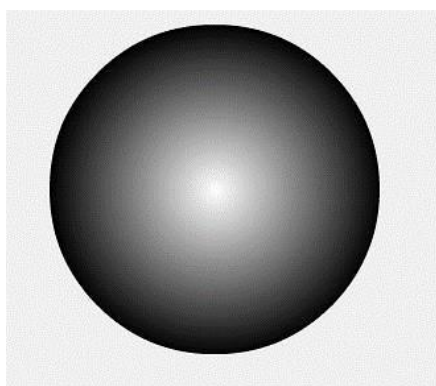
no início do século XX o modelo atômico não estivesse amplamente aceito na comunidade científica. De fato, muito embora a teoria atomística tenha sido proposta pelos gregos a milênios, por volta de 1900, parte da comunidade científica ainda réstia em aceitar sua validade. Os trabalhos de Maxwell, Boltzmann e o próprio Einstein, com o movimento browniano, entre outros, vieram a fortalecer a hipóteses atômica e contribuíram para o fim desse debate a respeito da constituição da matéria (PEREZ, *et al*, 2017, p. 1).

Nesta perspectiva, a descoberta da estrutura atômica da matéria deu início a uma abertura para um mundo inteiramente novo de possibilidades. Desse modo, destaca-se que:

A crença de que os átomos eram os blocos construtores de matéria tem uma história antiga. Alguns pensadores budistas no século VII a. C. acreditavam que toda a matéria fosse formada de átomos, que eles consideravam uma forma de energia. Na Europa, pré-atomistas como Empédocles e Anaxágoras também conceberam partículas de matéria invisíveis de tão minúsculas. Esses primeiros filósofos-cientistas chegaram a essa visão por meio de um processo de raciocínio dedutivo. Embora o atomismo permanecesse em descrédito durante muitos séculos, no final foi o modelo que prevaleceu, apoiado pela experimentação e pela observação. Mas os primeiros atomistas não estavam certos. A crença de que os átomos são as menores partículas indivisíveis da matéria provou ser incorreta, pois os átomos são formados de partículas subatômicas. Quando os cientistas examinaram os átomos internamente, este provou ser um lugar bizarro e imprevisível. (ROONEY, 2013. p. 122).

Nesse segmento, temos o modelo atômico de John Dalton proposto em 1803, no qual, elementos químicos diferentes se associam entre si, sempre em múltiplos inteiros de pesos elementares fixos. Dalton explicou essa observação, postulando que as misturas químicas são os resultados de combinações de átomos. Para Dalton, os átomos eram uma esfera maciça e indivisível como ilustrado na figura 11 (BEM-DOV, 1996).

**Figura 11-** Modelo de Dalton

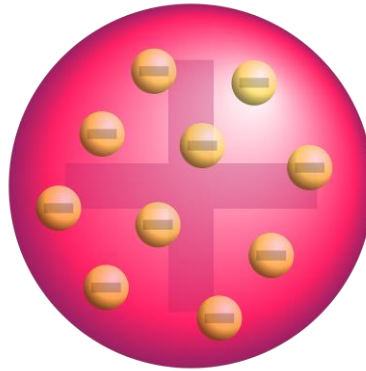


Fonte: Disponível em: [https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Atomo\\_de\\_Dalton.jpg](https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Atomo_de_Dalton.jpg). Acesso em: 15 agos. 2021.

No final do século XIX, já se “apostava” na possível existência dos elétrons no interior dos átomos. J. J. Thomson realizou experimentos com tubos de raios catódicos

que apontavam para a existência do elétron em 1897 e propôs, em 1907, um modelo atômico, conhecido como “pudim de passas”. Nesse modelo, os elétrons eram partículas com carga negativa que estavam distribuídos em uma massa uniforme com carga positiva, como ilustrado na figura 12.

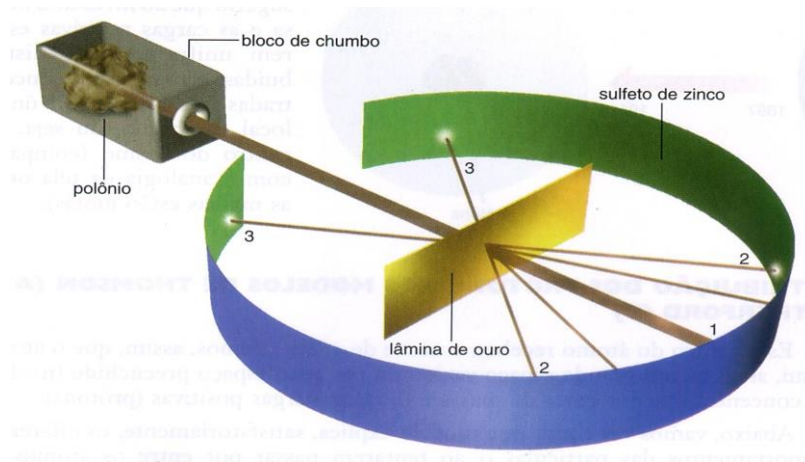
**Figura 12-** Modelo de Thomson



Fonte: Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_at%C3%B4mico\\_de\\_Thomson](https://pt.wikipedia.org/wiki/Modelo_at%C3%B4mico_de_Thomson).  
Aceso em: 15 agos. 2021.

Nesse ínterim, Ernest Rutherford, tentava descobrir como estas cargas, descritas pelo modelo de Thomson, se distribuem dentro do átomo. Foi com seus experimentos de bombardeio de folhas metálicas muito finas, com partículas alfa, que se constatou que o átomo teria cargas positivas concentradas em seu núcleo, com um diâmetro muito pequeno representado na figura 13. E, assim, confirmou-se que o átomo possuía um grande espaço vazio, diferente do que se pensava no modelo de Thomson.

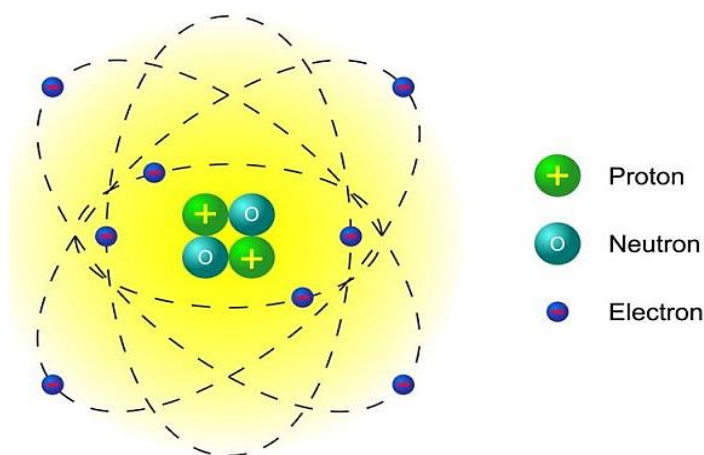
**Figura 13-** Ilustração do Experimento de Rutherford



Fonte: Disponível em: [quimicaifaniana.blogspot.com](http://quimicaifaniana.blogspot.com). Acesso em: 12 abri. 2021.

O modelo de Rutherford ficou conhecido como “sistema solar”, onde o sol representaria o núcleo atômico e os planetas girando em torno desse núcleo seriam os elétrons, conforme ilustrado na figura 14 (OLIVEIRA, 2010).

**Figura 14-** Modelo atômico de Rutherford



Fonte: Disponível em: <https://concepto.de/modelo-atomico-de-rutherford/>. Acesso em: 16 abri.2021.

Nessa direção, em 1913, o dinamarquês Niels Bohr propôs uma justificativa para a energia dos elétrons e a estabilidade atômica, não contemplada no modelo de Rutherford, para isso, Bohr utilizou as ideias inovadoras de Max Planck. Dessa forma, Bohr fez proposições que são conhecidas como seus postulados e explicam de forma relativamente clara como é o comportamento do conjunto elétron-núcleo no átomo (BAGNATO, 2010). O modelo atômico de Bohr está ilustrado na figura 15 e, de forma sucinta, os postulados de Bohr são descritos da seguinte maneira:

- O elétron move-se em torno do núcleo atômico sob a influência da força eletrostática (Colombiana) entre o elétron e o núcleo;
- O elétron pode mover-se apenas em órbitas no qual o *momentum* angular orbital  $L$  é um múltiplo inteiro da constante de Planck,  $h$ , dividido por  $2\pi$ :

$$L = \frac{nh}{2\pi} = n\hbar \quad (n= 1, 2, 3, \dots), \quad (3.1)$$

onde  $\hbar = h/2\pi$  é conhecido como constante de Planck reduzida;

- Apesar de estar constantemente acelerado, um elétron que se move em uma dessas órbitas quantizadas possíveis não emite radiação eletromagnética;
- Radiação eletromagnética é emitida (ou absorvida) se um elétron, que se move inicialmente sobre uma órbita de energia  $E_i$ , muda seu movimento descontínuamente, de forma a se mover em uma órbita de energia total  $E_f$ . A energia do fóton emitido (ou absorvido),  $E_y$ , será:

$$E_\gamma = h\nu = |E_i - E_f|, \quad (3.2)$$

onde  $\nu$  é frequência linear de transição entre 2 níveis de energia;

Desse modo, Bohr foi o primeiro físico a considerar que a produção de uma linha espectral característica ocorre pela mudança de nível de energia de um único elétron e este é um fenômeno quântico. Ou seja, os espectros característicos de emissão (ou absorção) são consequências das órbitas eletrônicas serem quantizadas, no interior dos átomos. Em outros termos, a solução da equação Schrödinger. Estas órbitas quantizadas podem ser descritas, numa aproximação de movimento eletrônico circular, na qual a força centrípeta ( $F_{cp}$ ) é igual a força elétrica coulombiana ( $F_e$ ), devido a interação entre o elétron e o núcleo atômico:

$$F_{cp} = F_e \Rightarrow m \frac{v_n^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_n^2}; \quad L_n = n\hbar \Rightarrow mv_n r_n = n\hbar, \quad (3.3)$$

onde  $v_n$  e  $r_n$  são, respectivamente, a velocidade linear do elétron e o raio da órbita eletrônica, ambos quantizados;  $e$  é a carga elementar do elétron, e,  $\epsilon_0$  é a permissividade elétrica do vácuo.

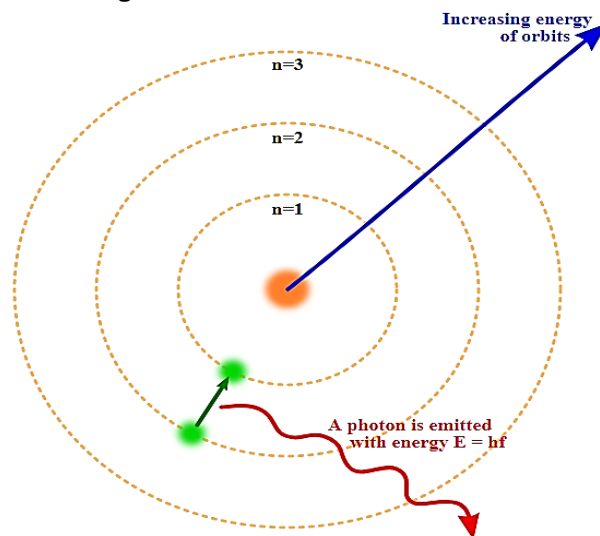
Da eq. (3.3) segue que

$$v_n = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{\hbar n} \quad \text{e} \quad r_n = 4\pi\epsilon_0 \frac{\hbar^2}{me^2} n^2 = r_0 n^2 \quad (n = 1, 2, 3, \dots), \quad (3.4)$$

onde  $r_0$  é o raio da menor órbita eletrônica estável, conhecido como raio de Bohr:

$$r_0 = 4\pi\epsilon_0 \frac{\hbar^2}{me^2} = 5,29 \times 10^{-11} \text{ m} = 0,529 \text{ \AA} \quad (3.5)$$

**Figura 15-** Modelo atômico de Bohr



Fonte: Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81tomo\\_de\\_Bohr](https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81tomo_de_Bohr) Acesso em: 16  
abril.2021

A energia total de um elétron que orbita um núcleo positivo é dada pela soma de suas energias cinética e potencial. Assim, temos que

$$E_n = m \frac{v_n^2}{2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_n} = -\frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r_n}. \quad (3.6)$$

Substituindo as eqs. (3.4) e (3.5) em (3.6) virá:

$$E_n = -\frac{1}{32\pi^2\epsilon_0^2} \frac{me^4}{\hbar^2} \frac{1}{n^2} \quad (n = 1,2,3,\dots)$$

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2} \Rightarrow E_0 = \frac{1}{32\pi^2\epsilon_0^2} \frac{me^4}{\hbar^2} = 2,17 \times 10^{-18} \text{ J} = 13,6 \text{ eV} \quad (3.7)$$

Para um átomo de hidrogênio, a energia do elétron para cada nível será:

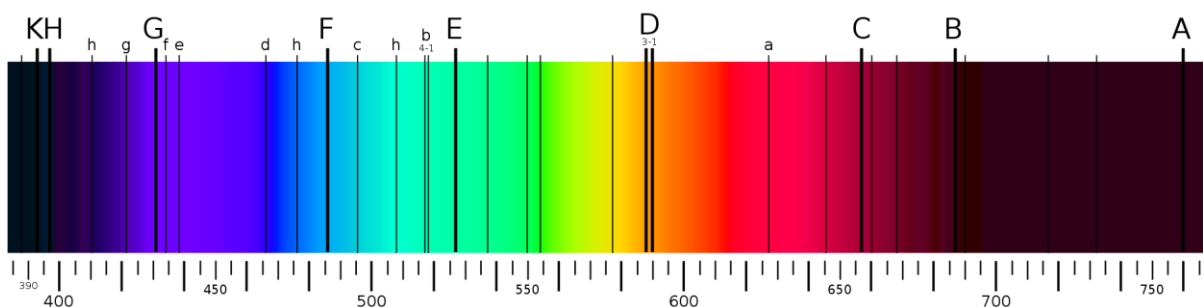
$$E_1 = -13,6 \text{ eV}; E_2 = -\frac{E_0}{4}; E_3 = -\frac{E_0}{9}; \dots; E_\infty = 0, \quad (3.8)$$

onde  $E_1$  representa a energia do estado fundamental do hidrogênio e  $E_\infty$  representa a energia posterior ao último estado ligado do elétron ao núcleo (TIPLER e LLEWLLYN, 2017).

Atualmente, sabe-se que as mudanças sobre os níveis de energia de um átomo ou molécula são alcançadas a partir da radiação emitida, no momento em que o átomo ou molécula faz uma transição de um estado excitado para um estado de menor energia. Entretanto, também pode-se obter informações a respeito dos níveis de energia a partir do espectro de absorção, caracterizado pelo conjunto de comprimentos de ondas absorvido por uma amostra, ao ser submetida a uma radiação incidente contínua (PIRES, 2011).

As primeiras linhas espectrais de emissão e absorção de radiação pela matéria foram analisadas pelos cientistas J. von Fraunhofer, em 1814, e pela dupla R. Bunsen e G. Kirchoff, por volta de 1860, que concluíram que o espectro funciona como uma “impressão digital” de cada elemento químico (TIPLER e LLEWLLYN, 2017). Na figura 16 é ilustrado parte das quase 600 linhas escuras, observadas por Fraunhofer em 1814, ao analisar o espectro de absorção da luz do Sol com um espectrógrafo, conhecidas como linhas telúricas.

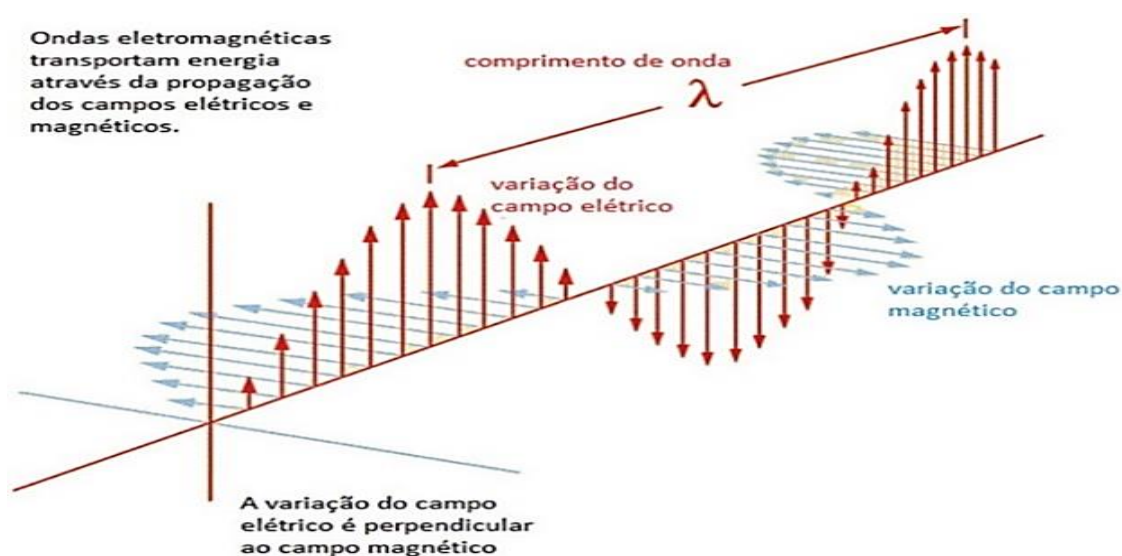
**Figura 16-** Espectro de absorção de Fraunhofer



Fonte: Disponível em: [https:// https://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_de\\_Fraunhofer](https://https://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro_de_Fraunhofer). Acesso em: 19 mar.2021.

Já no ano de 1873 foi a vez de J. C. Maxwell contribuir para o estudo da radiação, por meio da sua teoria eletromagnética da luz. Ele deduziu que a luz era construída de oscilações elétricas e magnéticas propagando-se através do éter luminífero. Essas ondas eletromagnéticas eram transversais e as suas perturbações perpendiculares às propagações, como ilustrado na figura 17. Em outros termos, na sua teoria, a emissão de radiação por meio da matéria deveria ser o resultado da aceleração das cargas em movimento (LIMA, 2018).

**Figura 17-** Representação da propagação de uma onda eletromagnética



Fonte: Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/CTqgVJkYq9YCVNvx5ZNfKQk/?lang=pt#>. Acesso em: 13 maio. 2021

Em 1887, Heinrich Rudolf Hertz realizou uma série de experimentos que comprovaram a teoria eletromagnética de Maxwell. Num desses experimentos, Hertz notou que a incidência de luz em um centelhador receptor facilitava a produção de centelhas, fenômeno que viria a ser chamado efeito fotoelétrico (BALTHAZAR e OLIVEIRA, 2010).

Avançando um pouco mais, em 14 de dezembro de 1900 o físico alemão Max Planck propôs que na natureza, a energia era emitida ou absorvida na forma de minúsculos pacotes, chamados de *quantum de energia*. Após 5 anos de tais acontecimentos, Albert Einstein, então técnico do Escritório de Patentes da Suíça, aceitaria a realidade Física dos *quanta* e com base neles indicaria que a luz é constituída de partículas (posteriormente chamadas de fótons). As ideias desses cientistas permitiram, assim, uma melhor compreensão sobre a natureza da matéria, radiação e suas interações (BALTHAZAR e OLIVEIRA, 2010).

Com o trabalho de Einstein sobre o efeito fotoelétrico de 1905 ressurgiu novamente as discussões a respeito da dualidade onda-corpúsculo da radiação. No ano de 1916, Einstein retorna mais uma vez aos questionamentos sobre a radiação do corpo negro. Em novembro daquele ano, ele escreveu a Michele Besso: “Uma luz esplendorosa me iluminou sobre a absorção e emissão de radiação” (A. Einstein *apud* PAIS, 1995)<sup>11</sup>. Deve-se acrescentar que Einstein foi o primeiro a compreender que a probabilidade de emissão espontânea de energia pela matéria não é um fenômeno compreendido pela Física Clássica. Ninguém, antes dele em 1917, havia visto essa conexão dos fenômenos de emissão de energia, com a emergente Física Quântica, tão claramente (PAIS, 1995).

Einstein postulou que a energia quantizada dos osciladores de Planck também se aplicava à luz, sendo, portanto, uma característica universal da radiação eletromagnética. Assim, um elétron, além de emitir, poderia absorver energia sempre em quantidades discretas, o *quantum de luz (fóton)*. A consequência disso é um modelo corpuscular para a luz. Cada corpúsculo é um pacote de energia chamado de fóton, nome dado no final da década de 1920 por G. Lewis, para descrever a luz. Einstein, propõe ainda que um *quantum* de energia é maior, quanto maior for sua frequência (BALTHAZAR e OLIVEIRA, 2010).

Em 1917, Einstein obteve um resultado surpreendente, ao investigar como os átomos irradiam e absorvem energia, quando estão em equilíbrio térmico com um campo de radiação. No intuito de resolver este problema, Einstein introduziu o conceito de emissão espontânea, em seu artigo: “Sobre a teoria quântica da radiação” (PAÍS, 1995; LIMA, 2018).

Nesse segmento, a parte da física que descreve satisfatoriamente a interação entre os fótons e os elétrons é a Eletrodinâmica Quântica. Desse modo, constata-se que:

A Eletrodinâmica Quântica dá uma descrição mais completa da emissão de fótons excitados. Em particular ela explica como o átomo que irradia aparece no estado misto. Isso ocorre em consequência de uma espécie de interação ressonante entre vibrações de frequência apropriada, do campo de radiação eletromagnética que envolve o átomo e o átomo em seu estado misto, e então o átomo emite radiação eletromagnética de mesma frequência. A emissão de fótons por átomos, sob a influência dos fótons que compõem o campo eletromagnético aplicado ao átomo, constitui um fenômeno denominado emissão estimulada. Os átomos emitem também fótons, quando não existe

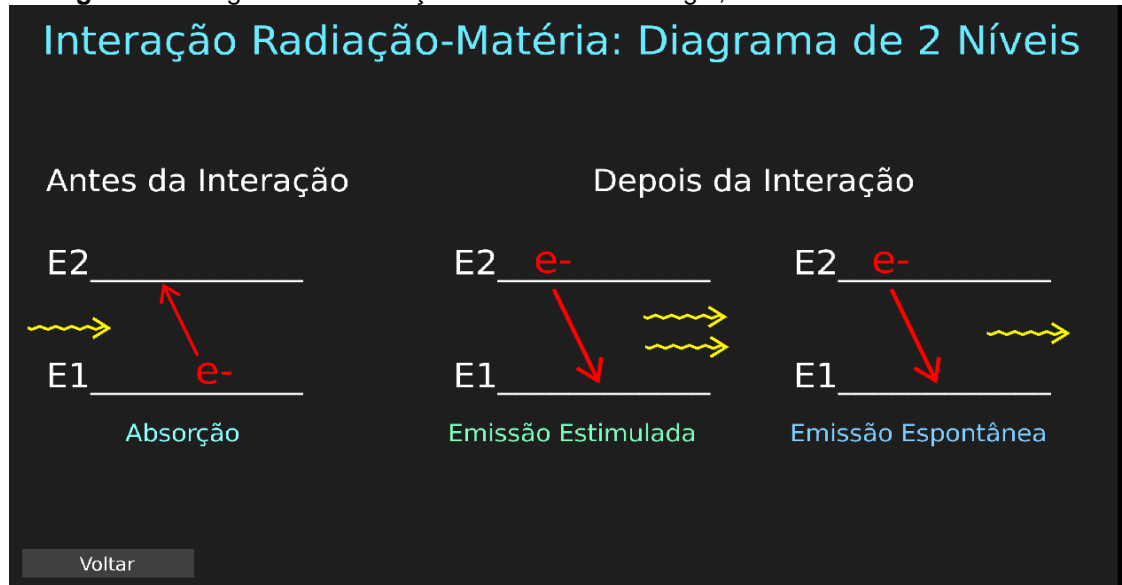
---

<sup>11</sup> EINSTEIN, Albert. Carta de 18 de novembro de 1916, p. 78.

um campo eletromagnético aplicado por meio de um mecanismo denominado emissão espontânea. (EISBERG e RESNICK, 1979, p.178)

Nesse sentido, para descrever os processos de absorção, emissão espontânea e emissão estimulada de energia pode-se considerar o diagrama de dois níveis de energia para um átomo qualquer: o nível fundamental (de mais baixa energia) e o nível excitado, conforme é ilustrado na figura 18.

**Figura 18-** Diagrama de absorção e emissão de energia, num átomo de dois níveis



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

No processo de interação da radiação com a matéria, num sistema de dois níveis, Einstein considerou que há três tipos de fenômenos possíveis: a absorção de energia, absorve mais ou menos “pacotes” proporcional à intensidade, mas o pacote absorvido tem frequência fixa, proporcional à intensidade de luz incidente; uma emissão de luz, proporcional à intensidade de luz incidente, chamada emissão induzida e/ou emissão estimulada, e um outro fenômeno, que independe de luz incidente, a emissão espontânea (FEYNMAN, 2019).

Assim, neste sistema de dois níveis de energia certas frequências não são absorvidas, a absorção é um processo sempre induzido por um campo eletromagnético externo (radiação incidente). Já o processo de emissão, no entanto, pode ser espontâneo ou induzido. Ademais, em direção à emissão induzida ou estimulada, o processo ocorre quando um átomo que está num estado excitado, emite um fóton ao ser estimulado por um outro fóton incidente. O resultado desse processo é o átomo indo para um estado fundamental de energia, enquanto o campo eletromagnético passa a ter dois fótons. No final, ocorrerá a emissão de dois fótons de igual frequência. Dessa forma, os dois processos, classificam-se como



ressonantes. Ou seja, ocorrendo com maior frequência, quando a energia do fóton incidente é igual à diferença de energia entre os dois estados estacionários envolvidos (excitado e fundamental) (GRIFFITHS, 2011).

Já a emissão espontânea ocorre quando um átomo que está em um estado excitado, decai espontaneamente (sem o estímulo de um fóton incidente) para um estado de menor energia (o estado fundamental, num sistema de dois níveis), emitindo um fóton neste processo. O resultado desse processo é o átomo indo para um estado fundamental de energia, enquanto o campo eletromagnético passa a ter um fóton com a mesma frequência ressonante do sistema ver a eq. 3.10 (GRIFFITHS, 2011).

A interação da radiação com a matéria pode ser descrita através da teoria de perturbação oscilatória dependente do tempo. Considerando inicialmente que o átomo esteja no estado fundamental, ele irá permanecer nesse nível de energia, a menos que um estímulo externo seja aplicado. Ao irradiar um átomo com um feixe de luz, polarizada e monocromática, ele pode absorver energia do campo eletromagnético que é dado por (GRIFFITHS, 2011):

$$E = E_0 \cos(\omega t) \hat{k}, \quad (3.9)$$

onde  $E_0$  é a amplitude do campo,  $\omega$  é frequência angular da radiação e  $\hat{k}$  sua direção de propagação.

Para fazer a transição do nível fundamental,  $\psi_a$ , para o nível excitado,  $\psi_b$ , o átomo deve absorver energia, dada por:

$$\Delta E = E_b - E_a = \hbar \omega_0, \quad (3.10)$$

onde  $\Delta E$  representa a diferença entre dois níveis de energia;  $\hbar = h/2\pi$  é a constante de Planck reduzida e  $\omega_0$  é a frequência ressonante de transição entre os níveis de energia.

A energia potencial perturbadora, associada à transição entre os dois níveis de energia é dada por  $V_{ab} = -|\rho| E_0$ , onde  $|\rho| = qz$  é o módulo do momento de dipolo elétrico, com  $q = e$  sendo a carga elementar do elétron e  $z$  representando a distância entre os dois níveis de energia. Assim, a probabilidade de transição do sistema para o estado superior de energia (excitado),  $\psi_b$ , é dada por (GRIFFITHS, 2011):

$$P_{a \rightarrow b}(t) = \left( \frac{V_{ab}}{\hbar} \right)^2 \frac{\text{sen}^2 \left[ \frac{(\omega_0 - \omega)t}{2} \right]}{(\omega_0 - \omega)^2} \quad (3.11)$$

Substituindo  $V_{ab}$  na eq. (3.11), obtém-se a probabilidade de transição entre os estados  $\psi_a$  e  $\psi_b$ , associada a absorção de energia em um sistema de dois níveis, irradiado por uma luz monocromática de frequência bem definida:

$$P_{a \rightarrow b}(t) = \left( \frac{|\rho| E_0}{\hbar} \right)^2 \frac{\text{sen}^2 [(\omega_0 - \omega)t/2]}{(\omega_0 - \omega)^2} \quad (3.12)$$

Após o processo de absorção, entende-se que esse elétron não ficará no estado de maior energia para sempre, como já foi mencionado, ele fará o processo de retorno ao estado de menor energia de duas maneiras: por emissão estimulada ou emissão espontânea, produzindo uma mudança de estado no átomo, passando de maior energia para um de menor energia, enquanto o campo eletromagnético aumenta o número de fótons.

A probabilidade de transição de um estado atômico excitado,  $\psi_b$ , para um estado fundamental,  $\psi_a$ , também é dada eq. (3.12), independente da transição ser devido a emissão estimulada ou espontânea. Logo,  $P_{b \rightarrow a} = P_{a \rightarrow b}$ .

$$P_{b \rightarrow a}(t) = \left( \frac{|\rho| E_0}{\hbar} \right)^2 \frac{\text{sen}^2 [(\omega_0 - \omega)t/2]}{(\omega_0 - \omega)^2} \quad (3.13)$$

Cabe ressaltar que Einstein não identificou qual é o tipo de mecanismo responsável pela emissão espontânea, hoje sabe-se que é devido a perturbação das flutuações do campo eletromagnético sobre o estado excitado do átomo. No entanto, os resultados de Einstein permitiram calcular a taxa de transição para emissão espontânea e, a partir daí, o tempo de vida natural de um estado atômico excitado (PAIS, 1995).

### 3.1.2 Coeficientes de Einstein

O raciocínio utilizado por Einstein em 1917 será adotado aqui, seguindo a seção 9.3 da referência (Griffiths, 2011), na qual é considerado um sistema de átomos, com um número de átomos  $N_a$  no estado fundamental  $\psi_a$  e  $N_b$  átomos no estado excitado  $\psi_b$ .

Se  $A$  representa a taxa de emissão espontânea, o número de partículas deixando o estado excitado ( $\psi_b$ ) por esse processo, por unidade de tempo, será dado por:  $N_b A$ .

Já a taxa de transição por emissão estimulada será proporcional à densidade de energia do campo eletromagnético:  $B_{ba}\rho(\omega_0)$ . Enquanto, o número de partículas que saem do estado excitado ( $\psi_b$ ) por esse mecanismo, por unidade de tempo, será dado por:  $N_b B_{ba}\rho(\omega_0)$ .

Finalmente, a taxa de absorção é igualmente proporcional a  $\rho(\omega_0)$ , podendo ser escrita como:  $B_{ab}\rho(\omega_0)$ . Logo, o número de partículas que se juntam ao nível excitado, por unidade de tempo, será:  $N_a B_{ab}\rho(\omega_0)$ .

Os termos  $A$ ,  $B_{ba}$  e  $B_{ab}$  são os Coeficientes de Einstein que estão relacionados, respectivamente, com a emissão espontânea; emissão estimulada e absorção de energia.

A taxa de variação de átomos no estado excitado, com o decorrer do tempo, será:

$$\frac{dN_b}{dt} = -N_b A - N_b B_{ba}\rho(\omega_0) + N_a B_{ab}\rho(\omega_0) \quad (3.14)$$

onde o primeiro e segundo termos referem-se a quantidade de átomos que decaem para o estado fundamental, respectivamente, por emissão espontânea e emissão estimulada; enquanto o terceiro termo representa à quantidade de átomos que vão para o estado excitado, por absorção de energia.

Considerando que todos os átomos deste sistema estejam em equilíbrio térmico com o campo eletromagnético, o número de partículas em cada um dos níveis será constante, logo,  $dN_b/dt = 0$ . Desse modo, a densidade de energia associada ao campo eletromagnético será:

$$\rho(\omega_0) = \frac{A}{(N_a/N_b)B_{ab} - B_{ba}} \quad (3.15)$$

Entretanto, a partir da Mecânica Estatística elementar, sabe-se que o número de partículas com energia  $E$  em equilíbrio térmico à temperatura  $T$  é proporcional ao **fator de Boltzmann**:  $N = \exp(-E/K_B T)$ , onde  $K_B$  é a constante de Boltzmann (TIPLER e LLEWELLYN, 2017). Logo,

$$\frac{N_a}{N_b} = \frac{e^{-E_a/K_B T}}{e^{-E_b/K_B T}} = e^{\hbar\omega_0/K_B T} \quad (3.16)$$

e, portanto,

$$\rho(\omega_0) = \frac{A}{e^{\hbar\omega_0/K_B T} (B_{ab} - B_{ba})} \quad (3.17)$$

Por outro lado, da expressão para a radiação de corpo negro de Planck obtém-se a densidade de energia da radiação térmica, dada por:

$$\rho(\omega_0) = \frac{\hbar}{\pi^2 c^3} \frac{\omega^3}{e^{\hbar\omega/k_B T} - 1} \quad (3.18)$$

Comparando as eqs. (3.17) e (3.18) conclui-se que as taxas de absorção e emissão estimulada de energia são as mesmas, pois:

$$B_{ab} = B_{ba} \quad (3.19)$$

Enquanto, a taxa de emissão espontânea será dada por:

$$A = \frac{\omega_0^3 \hbar}{\pi^2 c^3} B_{ba} \quad (3.20)$$

Se considerarmos o caso em que a radiação incidente é incoerente e não polarizada em todas as direções do espaço, o coeficiente  $B_{ba}$  será dado por (Griffiths, 2011):

$$B_{ba} = \frac{\pi}{3\epsilon_0 \hbar^2} |\mathcal{P}|^2 \quad (3.21)$$

Por conseguinte, a taxa de emissão espontânea será:

$$A = \frac{\omega_0^3 |\mathcal{P}|^2}{3\pi\epsilon_0 \hbar c^3} \quad (3.22)$$

É importante ressaltar que o tratamento dado por Einstein em 1917 não o permitiu calcular explicitamente os coeficientes  $A$  e  $B$ , como dados pelas eqs. (3.21) e (3.22). Ele obteve a razão entre esses coeficientes, como dado na eq. (3.20) (PAIS, 1995; KLEPPNER, 2005). Vale mencionar que foi P. A. M. Dirac, em 1927, quem, pela primeira vez, obteve a expressão para a taxa de decaimento por emissão espontânea. Para isso, ao abordar a interação da radiação com a matéria, ele realizou a quantização do campo eletromagnético, inaugurando a chamada Eletrodinâmica Quântica (BASSALO e CARUSO, 2013).

### 3.1.3 O tempo de vida de um estado excitado

Supondo que haja um elevado número de átomos no estado excitado, devido ao processo de emissão espontânea, esse número vai diminuir com o passar do tempo, em um intervalo de tempo  $dt$ . Considerando apenas a parte relacionada à emissão espontânea da eq. (2.1), tem-se:

$$dN_b = -A N_b dt \quad (3.23)$$

Supondo que não ocorra um novo fornecimento de átomos ao sistema pode-se integrar a eq. (3.23), obtendo-se o número de átomos no estado excitado, como função do tempo,  $N_b(t)$ :

$$N_b(t) = N_b(0) \exp(-At) \quad (3.24)$$

Dessa forma, o número de átomos no estado excitado decai exponencialmente com o tempo, até o momento em que todos os átomos do sistema retornaram ao estado fundamental de energia. Essa constante de tempo é chamada de tempo de vida do estado excitado ( $\tau$ ) e será dada por:

$$\tau = \frac{1}{A} \quad (3.25)$$

A teoria da radiação apresentada por Einstein introduziu os conceitos de emissão espontânea e emissão estimulada, com taxas de decaimento caracterizadas pelos coeficientes  $A$  e  $B$ . Essa teoria representou um grande marco no desenvolvimento de diversas áreas da física, como por exemplo: a eletrodinâmica e óptica quântica, que possibilitaram o surgimento de tecnologias, como o MASER e LASER (KLEPPNER, 2005).

Com este raciocínio notável, Einstein estabeleceu uma ponte entre a radiação do corpo negro e a teoria dos espectros de Bohr. Inclusive, acerca das suposições que fez em suas deduções, ele apontou: “A simplicidade das hipóteses torna provável, a meu ver, que estas venham a constituir as bases da futura descrição teórica. A saber, tal prenúncio estava certo. Essa previsão se revelou verdadeira”. (Pais 1995, p. 279).

Em suma, em conformidade com Bassalo e Caruso (2013),

e tudo começou, em 1925, com as equações fundamentais da Mecânica Quântica. E tudo continuou, em 1926, com a álgebra quântica. E tudo se concretizou com a teoria da Mecânica Quântica, também em 1926. Em 1927, veio a interpretação física da dinâmica quântica. Ainda em 1927, a teoria quântica da dispersão e a teoria quântica para a absorção e emissão de radiação: nasce a Teoria Quântica de Campo (Bassalo e Caruso, 2013, p.7).

Dessa forma, a Eletrodinâmica Quântica (EDQ) é uma teoria que retrata a interação da radiação com a matéria de uma forma bastante aceitável, tanto nas escalas macroscópicas, quanto nas escalas nucleares e/ou subnucleares (LIMA, 2018).

## 3.2 Aplicações Tecnológicas

### 3.2.1 Absorção e Emissão Estimulada:

O LASER e MASER são importantes aplicações tecnológicas da emissão estimulada que diferem apenas quanto aos comprimentos de onda produzidos. A amplificação de luz por emissão estimulada (Laser) depende da possibilidade de ser obtida uma inversão de população atômica, na qual existem mais átomos em um estado excitado do que no estado fundamental, ou outro estado excitado de menor energia. Em geral, a inversão de população é conseguida por bombeamento ótico e é produzida mais facilmente em sistemas de quatro níveis, do que em sistemas de três níveis (TIPLER e LLEWELLYN, 2017).

De maneira geral, um laser é um dispositivo onde um material e/ou meio ativo é preparado para que o mais alto de dois níveis de energia seja mais densamente populado, do que o nível de energia mais baixo, e o material é fechado numa cavidade. A natureza coerente e intensa da radiação por eles produzida levou a um número crescente de aplicações práticas em diversos campos, tais como: radioastronomia, espectroscopia de micro-ondas, fotografia, biofísica e comunicações (EISBERG e RESNICK, 1979; ZILIO, 2009).

O laser é uma fonte de luz, coerente e colimada, que possibilita a conversão de energia, que tira vantagem do processo de emissão estimulada para concentrar uma certa fração da energia inicial (normalmente 1%), em energia radiante de uma única frequência, movendo-se numa única direção (HEWITT, 2011).

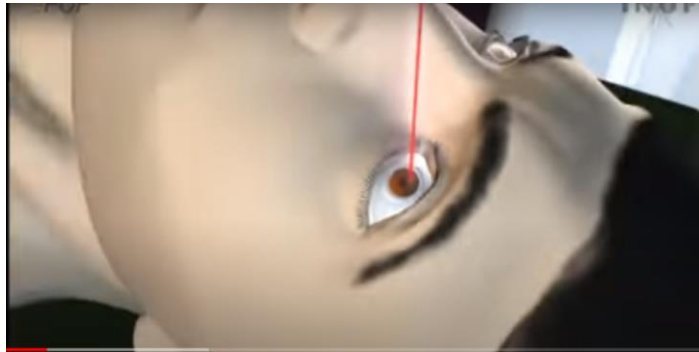
Um outro dispositivo cujo princípio de funcionamento se baseia nos processos de absorção e emissão estimulada de energia é o LED (Diodo Emissor de Luz) que é um componente eletrônico de dois terminais que permite a existência de corrente elétrica em somente um sentido. Quando um diodo capta luz e produz eletricidade, ele é uma fotocélula. Quando a entrada nos terminais é eletricidade e a saída é luz, ele é um LED. Eles são utilizados para regulação de voltagem em circuitos, amplificação de sinais, medição de iluminação e a conversão de luz em eletricidade em fotocélulas (Hewitt, 2011).

As aplicações do Laser e LED podem ser encontradas nas mais diversas áreas, como:

- **Na área médica:**

O laser pode ser incorporado em equipamentos de alta precisão, devido a energia concentrada que é emitida no seu feixe de luz, permitindo a realização de cortes e ablação. Portanto, o laser pode ser empregado como um bisturi óptico que pode ser usado, por exemplo, em cirurgias oculares como pode se observar na figura 19 ou a cirurgias endoscópicas figura 20 (BUNZEN *et al*, 2006).

**Figura 19-** Ilustração da utilização do laser em cirurgias oculares



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SI-jGkeEe0A>. Acesso em: 12 set. 2020.

**Figura 20-** Aplicação do laser em cirurgias endoscópicas nasais



Fonte: Disponível em: <https://drfabiozanini.com.br/quando-realizar-cirurgia-endoscopica-nasal/>. Acesso em 17 set. 2020.

➤ **Na Indústria:**

A máquina de corte a laser exemplificado na figura 21 é muito comum na área industrial, pois garante a precisão e o corte dos mais complexos desenhos, possibilitando a fabricação das logomarcas e produtos mais variados. Os LED presentes na figura 22 são muito utilizados, por exemplo, na microeletrônica,

semáforos e eletroeletrônicos, entre outros. Atualmente é comum no mercado as telas de *smart TV* de LED e O-LED (LED orgânico).

**Figura 21-** Laser cortando placa de metal



Fonte: Disponível em: <https://www.mestredoacrilico.com.br/corte-a-laser>. Acesso em: 14 set. 2020.

**Figura 22-** LEDs

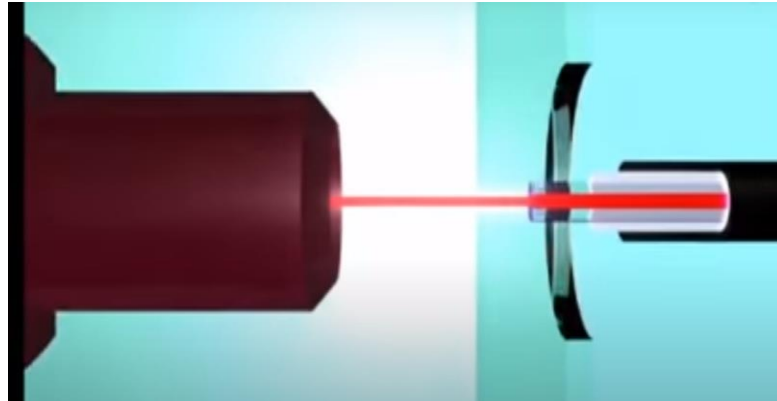


Fonte: Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Diodo\\_emissor\\_de\\_luz](https://pt.wikipedia.org/wiki/Diodo_emissor_de_luz). Acesso em: 18 set. 2020.

➤ **Nas comunicações:**

Nas telecomunicações, o laser tem seu maior alcance perante a comunidade, através de transmissão de sinal de internet, por meio da fibra óptica como pode ser observado na figura 21. Também pode-se citar, como outros resultados dessas aplicações, os marcadores a laser de prazo de validade, os *scanners*, leitores de códigos de barras, leitores de CD, e muitos outros dispositivos.



**Figura 23-** Fibra Óptica

Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SI-jGkeEe0A>. Acesso em: 12 set. 2020

### 3.2.2 Absorção e Emissão Espontânea:

A emissão espontânea também recebe outros nomes, dependendo da forma como ocorre. Assim, quando o sistema é excitado, de modo que não seja por calor, a emissão espontânea receberá o nome de luminescência, que poderá também ser diferenciada, através dos processos eletrônicos envolvidos, nesse caso são os dois: a fluorescência e a fosforescência (LIMA, 2018).

Já as aplicações da emissão espontânea podem ser encontradas nas mais diversas áreas como:

➤ **Na natureza**

Pode-se abordar como exemplos de luminescência (bioluminescência), a luz emitida por vagalumes exemplificado na figura 24 e as algas marinhas na figura 25.

**Figura 24-** Bioluminescência em Vagalumes

Fonte: Disponível em: <https://www.portaldosanimais.com.br>. Acesso em: 17 nov. 2020.

**Figura 25-** Bioluminescência em Algas Marinhas



Fontes: Disponível em: <https://floridanseasons.com>. Acesso em: 18 nov. 2020.

➤ **Na indústria**

Quase toda a luz que se percebe no nosso cotidiano, seja ela de lâmpadas incandescentes e fluorescentes, ou até mesmo dos nossos aparelhos de televisão, é gerada espontaneamente, quando átomos ou moléculas se livram do excesso de energia neles depositados, emitindo luz (ZILIO, 2009).

Como exemplos de quimioluminescência (luminescência por meio de reações químicas), através do processo de emissão espontânea, que é empregado pela indústria, têm-se as pulseiras luminosas em neon usadas em festas, coletes de proteção fotoreflexível representados na figura 26, entre outros.

**Figura 26-** Colete de proteção fotoreflexível



Fonte: Disponível em: <https://www.proteloja.com.br/epi/colete-x-com-refletivo-para-sinalizacao-para-obra-laranja>. Acesso em: 15 nov. 2021.

## Capítulo 4

### Intervenção didático-pedagógica

Neste capítulo serão abordadas as estratégias metodológicas que contribuíram para a construção de uma Sequência Didática que consiste na interação das Metodologias Ativas Ensino Híbrido/Sala de Aula Invertida e os Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov, com Objetos Digitais de Aprendizagem (site educativo, hipertextos, mapas conceitual e mental, animações e simulações) confeccionados através dos *softwares*: Blender®, CmapTools® e Scratch®, além da plataforma *Gsuite* do Google®.

#### 4.1 Pressupostos Metodológicos da Pesquisa

As metodologias empregadas nesta pesquisa serão as Metodologias Ativas de aprendizagem Ensino Híbrido/Sala de Aula Invertida e os Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov (3MP), todas descritas no Capítulo 2 desta dissertação. Nessa perspectiva, essas estratégias de ensino terão por objetivo tornar a aprendizagem significativa e o ensino menos mecânico.

Com o propósito de que os estudantes possam sentir satisfação em realizar as atividades e, assim, tornar o ensino que envolve os conceitos da Interação da Radiação com a Matéria: Absorção, Emissão Espontânea e Emissão Estimulada, em um sistema de dois níveis de energia, mais significativo na construção do seu aprendizado, foram empregadas as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC). Neste sentido, faz-se necessário uma investigação sobre o efeito causado aos estudantes com o uso das metodologias, das teorias de educação e/ou aprendizagem e, por fim, das TDIC.

Desse modo, essa pesquisa tem um caráter qualitativo e quantitativo. Ademais, de acordo Gil (2008): "A utilização conjunta da pesquisa qualitativa e quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente" (GIL, 2008, p. 20).

Nesta perspectiva, de acordo com JUNIOR (2011), compreender como esse ensino será repassado aos estudantes, transfigura-se como um dos pontos cruciais, para se ter um ensino de qualidade:

Uma das questões centrais do ensino de Física na atualidade é entender como os conhecimentos são apresentados aos estudantes e quais são as possibilidades de generalização das conclusões obtidas a partir da consecução das atividades didáticas propostas. Percebemos uma grande fragmentação do saber a ser ensinado e a apresentação de teorias como uma verdade absoluta e universal, com uma discussão limitada sobre os seus limites de validade. Isso contribuiu para a construção da ideia, por parte dos estudantes, de que o conhecimento científico é composto por verdades inequívocas e válidas em qualquer contexto. No bojo dessa questão há a discussão sobre a construção de teorias científicas, da validade dos conceitos e das formas como os sujeitos se apropriam desses saberes e os utilizam em ação (Júnior, 2011, p.121).

Nessa direção, o primeiro passo desse trabalho foi selecionar um conteúdo programático relacionado ao tema Interação da Radiação com a Matéria. Após extenso levantamento bibliográfico, optou-se pela escolha dos seguintes fenômenos: Absorção, Emissão Espontânea e Estimulada de Energia. A escolha desses conteúdos se deu pelo fato dos mesmos serem extremamente relevantes para a compreensão de fenômenos ligados à luminescência (fosforescência e fluorescência) e ao desenvolvimento de tecnologias, como o LASER e o LED. Além disso, embora estes conteúdos estejam presentes (mesmo que indiretamente) no cotidiano, eles são pouco explorados em sala de aula.

O segundo passo deste trabalho foi a produção das TDIC, que possibilitam a construção de variados ODA. Os ODA empregados na dissertação foram produzidos da seguinte maneira:

- Algumas imagens e a **simulação computacional Rad&Mat**<sup>12</sup> foram confeccionadas no software de modelagem **3DBlender**®, através do seu motor de jogo integrado na versão 2.79;
- Os **mapas conceituais e mentais**<sup>13</sup> foram confeccionados no programa **Cmptools**;
- O **site educativo**<sup>14 15</sup> que contempla o **espaço virtual** para a interação, junto a sala de aula, foi confeccionado na **plataforma Gsuite**.
- Os diálogos interativos do **contexto histórico**<sup>16</sup> foram produzidos no software **Scratch**.

<sup>12</sup> Simulação Computacional Rad&Mat disponível em:

<https://drive.google.com/drive/folders/1Wv2xnq4qlRfBy1LSLOTBBV2ISV3utxC2?usp=sharing>

<sup>13</sup> Os mapas conceituais e mantais estão disponível em: <https://sites.google.com/view/produto-educacional/atividades-em-andamento/terceiro-momento-pedag%C3%B3gico?authuser=0>

<sup>14</sup> Site educativo disponível em: <https://sites.google.com/view/produto-educacional/p%C3%A1gina-inicial?authuser=0>

<sup>15</sup> Vale ressaltar que estes sites têm algumas limitações, como por exemplo serem acessados por e-mail institucionais. Ou seja, para ter acesso a eles por enquanto somente por e-mail de contas pessoais.

<sup>16</sup> Aba com as atividades do Scratch estão disponível em: <https://sites.google.com/view/produto-educacional/atividades-em-andamento/2%C2%AA-parte-primeiro-momento?authuser=0>

O terceiro passo consistiu na elaboração de uma Sequência Didática que abordasse os efeitos físicos escolhidos anteriormente, utilizando, primeiramente, o *Google Site*, que contém um link para o *Google Sala de Aula*, onde os alunos depositaram as respostas das atividades requeridas no decorrer da intervenção. Neste ambiente há um menu com repartições, como: página inicial, três momentos das intervenções, *Google* Formulários com as pesquisas e atividades, além dos mapas mentais e conceituais, produzidos no CmapTools, os vídeos e imagens produzidos no Blender 2.79.

Nessa perspectiva, a Sequência Didática foi elaborada (Quadro 01), segundo a estrutura proposta por MOREIRA (2011): Primeiramente o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes, para verificar o que eles compreendiam a respeito do assunto a ser tratado. Em seguida, veio a elaboração e construção dos organizadores prévios, por meio de situações problemas envolvendo, principalmente, as aplicações tecnológicas. Então, ocorreu uma abordagem dos conceitos geradores desse trabalho de maneira diferenciada, progressiva e integradora. Por último, ocorreu a aplicação das avaliações, no sentido de verificar a ocorrência de uma aprendizagem com significado.

Vale ressaltar que a integração entre essa Sequência Didática e os ODA resultou no Produto Educacional (PE) vinculado à esta dissertação (Apêndice A). Além disso, as intervenções didático-pedagógicas foram planejadas para terem atividades síncronas e assíncronas, dentro dos pressupostos das Metodologias Ativas utilizadas.

**Quadro 1:** Resumo das metodologias implementadas na SD através do site educativo

| Momentos Pedagógicos  | Atividades  |
|---|---|
| <b>1º (Carga Horária: 2,5h)</b><br><b>Problematização Inicial</b><br>+<br><b>Antes da aula</b>      | <b>Apresentação do site educativo e realização de atividades:</b><br>- Questionário objetivo prévio com 20 questões;<br>- Diálogo entre os alunos e professor sobre o tema, buscando uma problematização e geração de questionamentos;<br>- Apresentação de vídeos curtos que exploram conceitos e aplicações, ligados com a temática abordada;<br>- Animação interativa no <i>Scratch</i> ;<br>- Questionário discursivo exploratório com 04 questões.   |
| <b>2º (Carga Horária: 2,5h)</b><br><b>Organização do Conhecimento</b><br>+<br><b>Durante a aula</b> | <b>Aula expositiva virtual sobre o tema:</b><br>- Interação da Radiação com a matéria: Absorção, Emissão Espontânea e Emissão Estimulada de Energia;<br>- Hipertexto;<br>- Questionário misto (discursivo e objetivo) conceitual com 08 questões.<br><b>Atividades no site educativo e simulador computacional: Interação Rad&amp;Mat:</b><br>- Questionário discursivo sobre os processos radiativos apresentados, com 02 questões;<br>- Questionário discursivo sobre aplicações tecnológicas, com 06 questões. |
| <b>3º (Carga Horária: 2,5h)</b><br><b>Aplicação do Conhecimento</b><br>+<br><b>Depois da aula</b>   | <b>Atividades no site educativo:</b><br>- Questionário discursivo para o preenchimento do mapa conceitual e dos mapas mentais, com 03 questões;<br>- Questionário misto para avaliar as atividades desenvolvidas, com 10 questões.  |

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

## 4.2 Local da Pesquisa

A pesquisa de campo foi desenvolvida em duas escolas da educação básica na rede pública do município de Sapucaia, interior do Pará, a 750 km da capital Belém. O município conta com um total de 6.088 habitantes, segundo a estimativa do IBGE. A taxa de escolaridade de 6 a 14 anos de idade, em 2010 foi 94,8% e o IDEB (Índice de Desenvolvimento da Educação Brasileiro) com um índice de 4,5 para os estudantes do fundamental menor- anos iniciais, já para os estudantes do ensino fundamental anos finais, não foram registrados nenhum dado (IBGE, 2020).

Nesta direção, a Escola Municipal de Ensino Fundamental Padre José de Anchieta como pode-se observar na figura 27, em funcionamento desde 1983, com um total de 1169 alunos matriculados em 2021, que atende os alunos nos turnos matutino, vespertino e noturno, com turmas regulares e EJA (Educação de Jovens e Adultos) é a única do município que atende este público descrito. Já a Escola Estadual de Ensino Médio Paulo Freire na figura 28, com um total de 206 alunos matriculados

em 2021, atendendo estes alunos nos turnos vespertino e noturno é a única escola de ensino médio,

A aplicação do PE resultante desta dissertação envolveu um total de 69 alunos das turmas de 9º ano (26) e 3º ano (43), e a única servidora pública da disciplina de ciência da natureza do município. A escolha destas duas turmas foi devido a temática da dissertação vir ao encontro da proposta da BNCC (2018) e a Sequência Didática ser flexível, quanto a série dos estudantes.

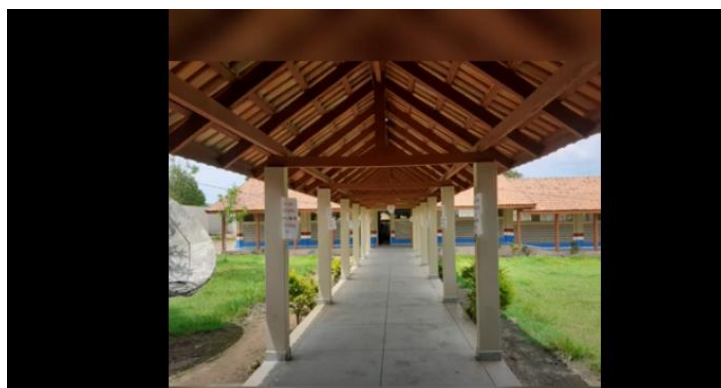
Vale ressaltar que os 26 estudantes do 9º ano eram alunos de três turmas distintas, sendo: uma do turno matutino, com 20 estudantes e duas do vespertino com 6 estudantes. Já os 43 estudantes do 3º ano do ensino médio eram de duas turmas, sendo: uma do turno vespertino, com 20 estudantes e a outra do noturno, com 23 estudantes. Por questões de organização do trabalho decidiu-se por reunir os estudantes em duas turmas, conforme a série que cursavam.

**Figura 27-** Escola Municipal de Ensino Fundamental Padre José de Anchieta



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

**Figura 28-** Escola Estadual de Ensino Médio Paulo Freire



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

### 4.3 Implementação da Sequência Didática

A seguir é descrita a Intervenção Metodológica realizada durante a pesquisa de campo que foi baseada na Sequência Didática, conforme o quadro 1.

#### 4.3.1 Primeiro Momento: Problematização inicial

A primeira parte da Sequência Didática resumida no Quadro 1 foi colocada em prática com a apresentação do *Google Site*, que contém a Sala de Aula Virtual e com a aplicação do Questionário Prévio com 20 questões, que foi produzido no *Google Formulário*, com o objetivo de aferir os conhecimentos prévios de cada estudante, sobre os conteúdos que seriam trabalhados no segundo momento. Após o preenchimento do questionário ocorreu um diálogo informal, buscando a participação dos estudantes em elucidar os mecanismos e princípios de funcionamento de certos dispositivos eletrônicos, como: lâmpadas elétricas incandescentes e fluorescentes, apontadores LASER e fitas de LED. Além disso, os estudantes foram indagados sobre: Como os vagalumes e as algas marinhas brilham no escuro? Como as pulseiras, usadas em festas, os adesivos fosforescentes e os coletes usados por trabalhadores, como sinalizadores, emitem luzes tão intensas mesmo no escuro?

Também foram apresentados alguns vídeos do Youtube<sup>17</sup>, para introduzir os assuntos que seriam detalhados no segundo momento pedagógico. Para finalizar o primeiro momento pedagógico foi trabalhada uma animação no Scratch sobre o contexto histórico da temática e um questionário discursivo exploratório com 4 questões sobre temática abordada.

#### 4.3.2 Segundo Momento: Organização do conhecimento

O segundo momento da Intervenção Didática encontra-se resumido no Quadro 1 que contou inicialmente com uma intervenção virtual, e a aplicação de um hipertexto para logo em seguida aplicar uma atividade tratando dos conceitos iniciais. Nesse seguimento, colocou-se a simulação computacional Rad&Mat em prática que está descrita a seguir e ilustrada conforme as figuras 29 a 35, para depois finalizar este

---

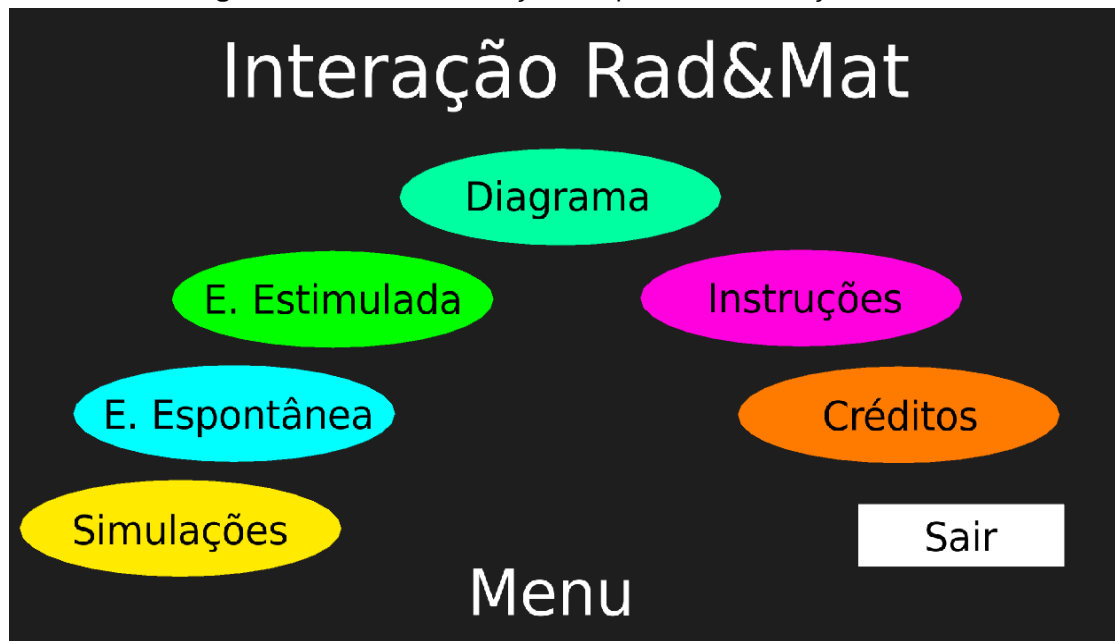
<sup>17</sup> Nesta página encontra-se todos os vídeos utilizados no primeiro momento pedagógico: Disponível em: <https://sites.google.com/view/produto-educacional/atividades-em-andamento/primeiro-momento-pedag%C3%B3gico?authuser=0>



momento com duas atividades desenvolvidas por meio do *Google* Formulários. Ou seja, após o Primeiro Momento houve uma aula expositiva na sala virtual para verificar o quanto os estudantes habituaram-se com o que lhes foi proposto, durante o primeiro momento, a fim de estabelecer uma ‘ponte’ entre os conhecimentos prévios dos estudantes e os conhecimentos científicos necessários à compreensão dos fenômenos físicos que estão por trás das situações e questionamentos apresentados no primeiro momento pedagógico.

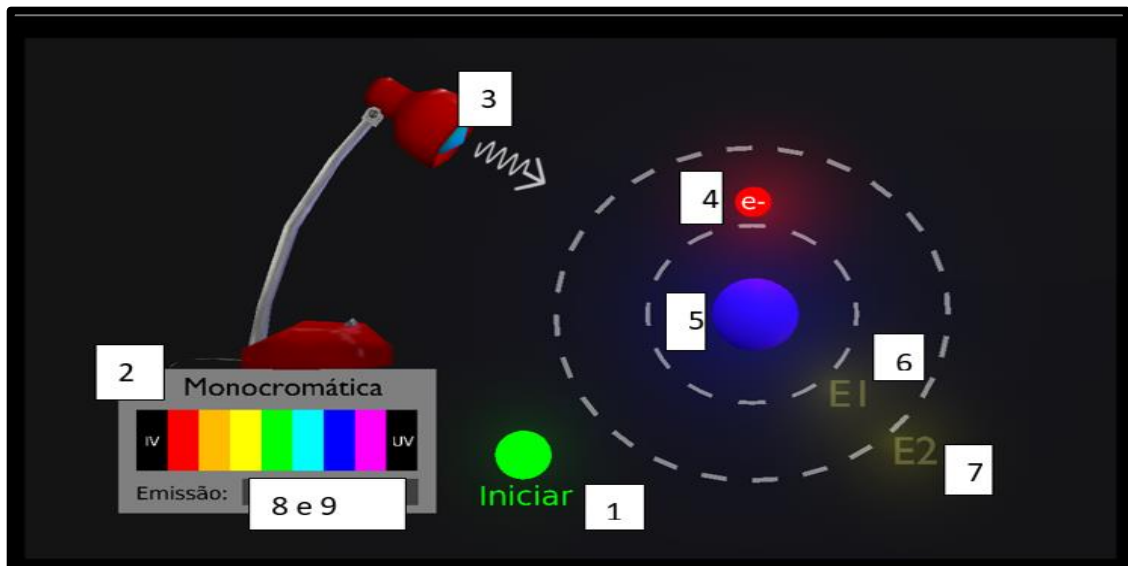
Neste seguimento, descreve-se a simulação computacional Rad&Mat, que foi utilizada para abordar os fenômenos de Absorção, Emissão Espontânea e Emissão Estimulada de Energia, de forma dinâmica, onde foi incentivado a exploração e variação de parâmetros, por parte dos estudantes.

Figura 29- Menu da simulação computacional Interação Rad&Mat



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

**Figura 30-** Tela da simulação computacional Rad&Mat



Fontes: Elaborada pela autora (2021)

O Painel de Comando da Simulação Computacional Rad&Mat está ilustrado na figura 30, na qual, cada número indica:

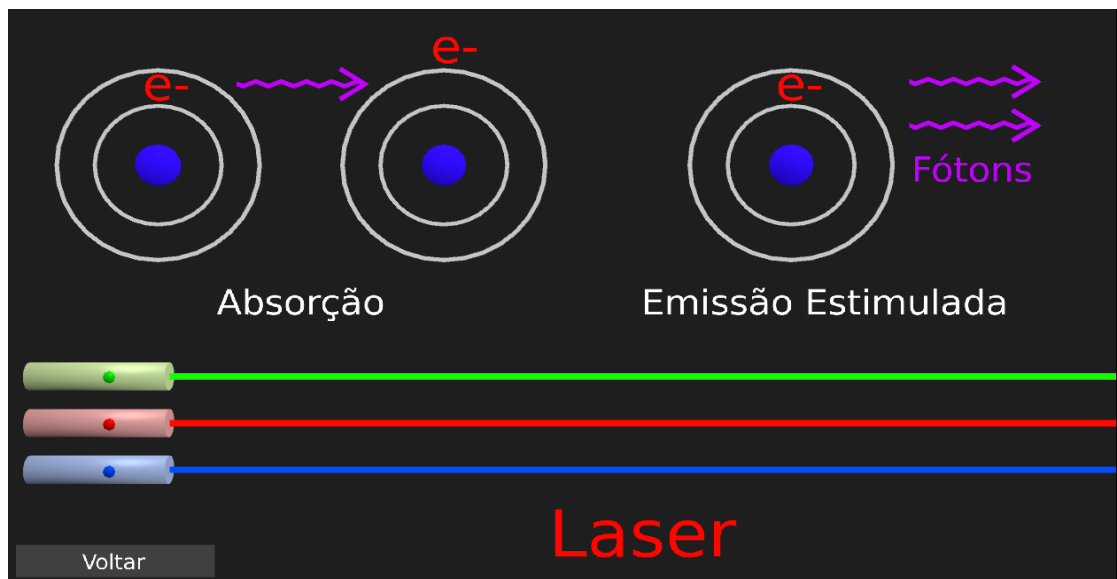
- 1 - Botão iniciar - inicia a simulação;
- 2 - Painel de luz monocromático - permite a seleção de uma frequência/comprimento de onda pré-estabelecido para a fonte externa de radiação eletromagnética, possuindo valores que vão do Infravermelho (IV), até o Ultravioleta (UV);
- 3 - Fóton - emitido pela fonte emissora de luz (radiação eletromagnética);
- 4 - Elétron - orbitando o núcleo atômico;
- 5 - Núcleo do átomo;
- 6 - Nível de energia  $E_1$  - estado fundamental de energia do átomo;
- 7 - Nível de energia  $E_2$  - estado excitado de energia do átomo;
- 8 e 9 - Botão de seleção - permite a escolha entre os processos de emissão espontânea ou estimulada.

**Figura 31-** Tela exemplificando o fenômeno Absorção e Emissão Espontânea



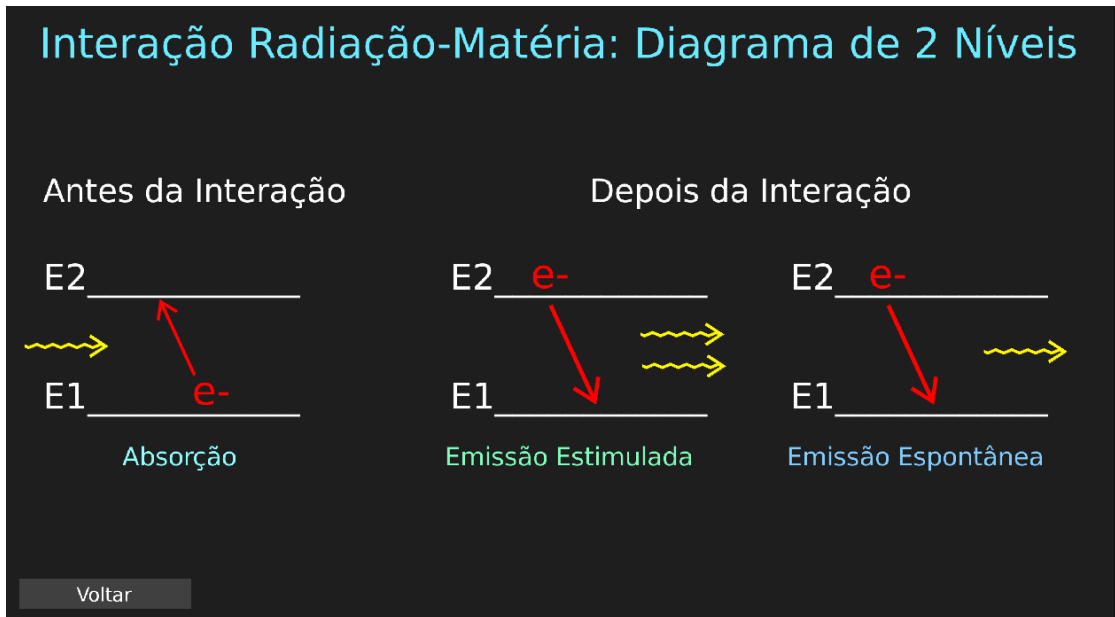
Fonte: Elaborada pela autora (2021)

**Figura 32:** Tela exemplificando o fenômeno Absorção e Emissão Estimulada



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Figura 33: Diagrama de Níveis



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Figura 34: Instruções da simulação computacional Rad&amp;Mat

**Instruções:**

- Entre no modo de 'Simulações'
- Selecione entre os modos de emissão 'Espontânea' e 'Estimulada'
- Clique em 'Iniciar'
- Clique nas cores para emitir fótons

Caso o modo escolhido for de Emissão Espontânea:

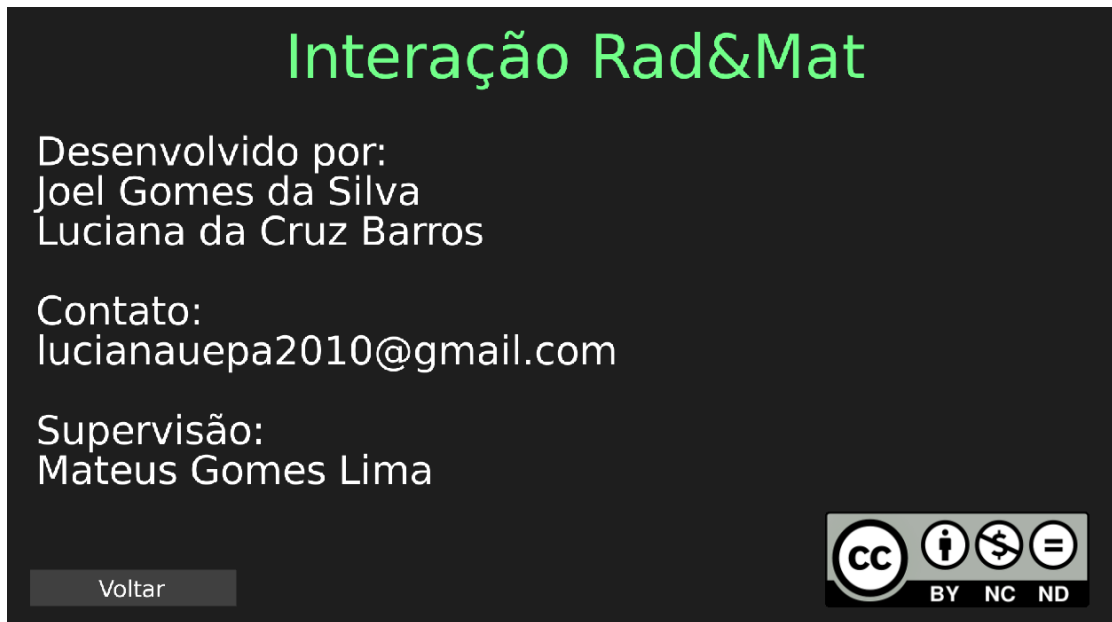
- Emita um fóton UV
- Aguarde o elétron emitir o fóton por conta própria

Caso o modo escolhido for de Emissão Estimulada:

- Emita um fóton UV
- Aguarde um momento
- Emita outro fóton UV para o elétron emitir dois fótons

Voltar

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

**Figura 35:** Créditos da simulação computacional Rad&Mat

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

#### **4.3.3 Terceiro Momento: Aplicação do conhecimento**

No terceiro momento pedagógico da Sequência Didática presente de maneira resumida no quadro 1 ocorreu por meio da aplicação de um questionário *online* com três mapas, sendo um conceitual e dois mentais, para testar a efetivação dos conhecimentos propostos nas práticas pedagógicas, durante a construção dos processos de ensino e aprendizagem executados nos momentos anteriores. Para isto, inicialmente, foi aplicado um mapa conceitual, baseado na teoria de aprendizagem significativa, onde os estudantes exploraram os conceitos dos fenômenos físicos envolvidos. Posteriormente, foram aplicados dois mapas mentais, baseados nas teorias de educação e aprendizagem significativa crítica, que buscaram uma reflexão crítica, por parte dos estudantes, quanto à relevância social dos conceitos e temas propostos em sala de aula. Este terceiro momento pedagógico foi encerrado com um questionário *online* de 10 perguntas, cujo objetivo era avaliar a relevância do uso dos ODA, como agente facilitador de aprendizagem.

## Capítulo 5: Resultados e Discussões

Neste capítulo será analisado os dados coletados a partir da pesquisa de campo com as duas turmas da educação básica da rede pública do município de Sapucaia-PA e, também, ocorrerá discussões dos resultados produzidos por meio das respostas aos sete (07) questionários aplicados ao longo das três etapas que foram concretizadas, seguindo a Sequência Didática resumida no quadro 1 pautada na junção das Metodologias Ativas Ensino Híbrido/Sala de Aula Invertida e os Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov e Pernambuco, com os Objetos Digitais de Aprendizagem, em consonância com as Teorias de Educação e da Aprendizagem Significativa e/ou Crítica.

### 5.1 Análise da Problematização inicial

Antes mesmo do início das intervenções didático-pedagógicas, junto às turmas da educação básica, houve um passo importante que foi a apresentação para a coordenação e direção das duas escolas do Produto Educacional (PE) que resultou desta dissertação, a saber: a Sequência Didática, associada aos ODA e atividades propostas (Apêndice A). De maneira geral, a recepção ao PE foi positiva e obteve apoio em sua execução, como por exemplo, no contato com os responsáveis dos estudantes e organização dos grupos de *WhatsApp*, com o propósito de passar as informações necessárias.

Por conseguinte, os tópicos de FMC: Absorção, Emissão Espontânea e Estimulada de Energia foram introduzidos durante os meses de fevereiro e março de 2021. As turmas tinham três aulas de Física por semana e a intervenção didática resumida no quadro 1 foi posta em prática nos turnos da manhã, para os estudantes do 9º ano do ensino fundamental (segunda-feira), e, para os estudantes de 3º ano do ensino médio, nos turnos vespertino e noturno (sexta-feira). Além disso, vale mencionar que as atividades síncronas duravam em torno de sessenta (60) minutos.

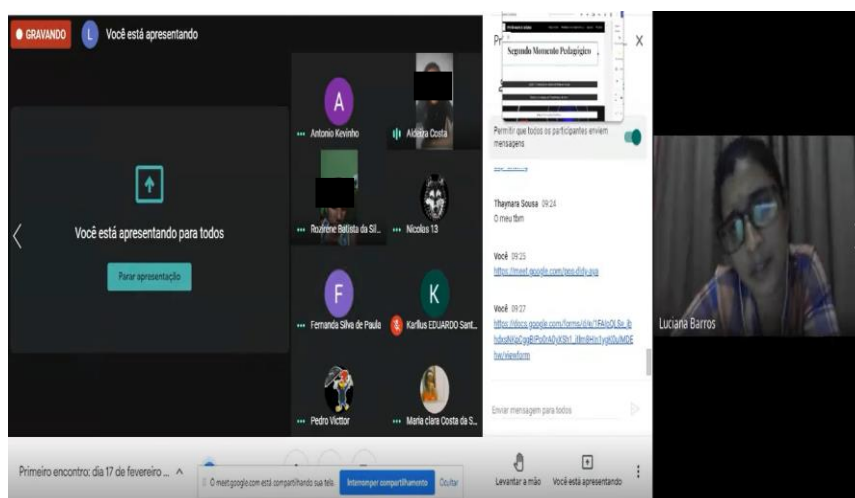
Consoante a junção das duas Metodologias Ativas, já apresentadas anteriormente, o **Primeiro Momento Pedagógico: problematização inicial** deu-se em duas partes:

#### ➤ 1ª Parte:

Iniciou-se para ambas as turmas, com uma apresentação entre os estudantes e a docente, além da apresentação do plano de ensino e das TDIC que seriam utilizadas como ODA (expostas no PE). Também foram esclarecidas dúvidas sobre a funcionalidade da plataforma virtual Google *Meet* presente na figura 36, como: o *chat* para postar mensagens; o ícone da mão levantada para fazer perguntas; o da câmera para mostrar a pessoa e o microfone para pessoa falar ou deixar mudo. Com esses esclarecimentos foi disponibilizado o *link* do *site* educativo no *chat* do *Meet* e, assim, o trabalho teve início, com sua demonstração.

Após a apresentação do *site* educativo<sup>18</sup>, disponibilizou-se o *link* do **Questionário Prévio**<sup>19</sup> com vinte (20) questões objetivas para as duas turmas, que foi preenchido de forma assíncrona. A partir das respostas ao Questionário Prévio, buscou-se verificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre a temática, levando-se em conta os pressupostos da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

Figura 36- Sala de Aula virtual



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

As respostas dos estudantes do 9º e 3ºano, com relação ao Questionário Prévio, estão dispostas, respectivamente, nos Quadros 02 e 03. Este questionário buscava aferir se os estudantes tinham alguma noção sobre “palavras chaves” que seriam utilizadas no decorrer da intervenção didática resumida no quadro 1.

<sup>18</sup> Vale ressaltar que estes sites têm algumas limitações, como por exemplo serem acessados por e-mail institucionais. Ou seja, para ter acesso a eles por enquanto somente por e-mail de contas pessoais.

<sup>19</sup> Questionário disponível em: <https://forms.gle/XfxQB3FzsgzrRBd89>

Quadro 2: Resposta ao questionário Pré-ODA para os estudantes do 9º ano

| Questões:   | Sim   | Um Pouco | Nunca |
|---|-------|----------|-------|
| 1- Átomo  | 7,7%  | 34,6%    | 57,7% |
| 2- Os elétron, prótons e nêutrons partícula que fazem parte do átomo  | 15,4% | 34,6%    | 50%   |
| 3- Modelo Atômico de Bohr   | 0%    | 15,4%    | 84,6% |
| 4- Albert Einstein  | 73%   | 27%      | 0%    |
| 5- Física Quântica  | 15,4% | 42,3%    | 42,3% |
| 6- Energia  | 88,4% | 11,6%    | 0%    |
| 7- Frequência   | 61,5% | 23,1%    | 15,4% |
| 8- Você sabe quais são as cores que estão presente no arco-íris?      | 76,9% | 23,1%    | 0%    |
| 9- Fóton  | 11,5% | 23,1%    | 65,4% |
| 10- LASER   | 57,7% | 34,6%    | 7,7%  |
| 11- LED   | 61,5% | 38,5%    | 0%    |
| 12- Absorção de Energia   | 0%    | 38,4%    | 61,6% |
| 13- Emissão Espontânea de Energia                                     | 0%    | 27%      | 73%   |
| 14- Emissão Estimulada de Energia                                     | 0%    | 19,2%    | 80,8% |
| 15- Luminescência   | 7,7%  | 19,2%    | 73,1% |
| 16- Fosforescia   | 7,7%  | 11,5%    | 80,8% |
| 17- Fluorescência   | 11,5% | 30,8%    | 57,7% |
| 18- Vagalumes e algas marinhas que 'a luz emitida por eles' no escuro | 80,8% | 7,7%     | 11,5% |
| 19- Aplicações tecnológicas do LASER é usado                          | 57,7% | 42,3%    | 0%    |
| 20- Aplicações tecnológicas do LED                                    | 42,3% | 30,7%    | 27%   |

Fonte: Elaborado pela autora (2021)



Quadro 3: Resposta ao questionário Pré-ODA para os estudantes do 3º ano

| Questões:   | Sim   | Um Pouco | Nunca |
|---|-------|----------|-------|
| 1- Átomo  | 70%   | 30%      | 0%    |
| 2- Os elétron, prótons e nêutrons partícula que fazem parte do átomo  | 58,1% | 30,2%    | 11,7% |
| 3- Modelo Atômico de Bohr   | 30,2% | 53,5%    | 16,3% |
| 4- Albert Einstein  | 58%   | 21%      | 21%   |
| 5- Física Quântica  | 53,5% | 21%      | 25,5% |
| 6- Energia  | 86,1% | 9,3%     | 4,6%  |
| 7- Frequência   | 30,2% | 37,2%    | 32,6% |
| 8- Você sabe quais são as cores que estão presente no arco-íris?      | 72,1% | 23,3%    | 4,6%  |
| 9- Fóton  | 9,3%  | 32,6%    | 58,1% |
| 10- LASER   | 35%   | 32,5     | 32,5% |
| 11- LED   | 42%   | 32,5     | 25,5% |
| 12- Absorção de Energia   | 14%   | 32,5     | 53,5% |
| 13- Emissão Espontânea de Energia                                     | 23,3% | 25,7     | 51%   |
| 14- Emissão Estimulada de Energia                                     | 25,5% | 21       | 53,5% |
| 15- Luminescência   | 14%   | 32,5%    | 53,5% |
| 16- Fosforescia   | 16,3% | 30,2%    | 53,5% |
| 17- Fluorescência   | 18,6% | 44,2%    | 37,2% |
| 18- Vagalumes e algas marinhas que 'a luz emitida por eles' no escuro | 79,1% | 9,3%     | 11,6% |
| 19- Aplicações tecnológicas do LASER é usado                          | 49%   | 42%      | 9%    |
| 20- Aplicações tecnológicas do LED                                    | 44,2% | 37,2%    | 18,6% |

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Os percentuais das três primeiras questões dos quadros 02 e 03 são, respectivamente:

**Questão 1 - Átomo:** sim 7,7%; um pouco 34,6%; nunca 57,7% (9º ano);  
sim 70%; um pouco 30%; nunca 0% (3º ano);

**Questão 2 - Elétrons, prótons e nêutrons - partículas que fazem parte do átomo:**  
sim 15,4%; um pouco 34,6%; nunca 50% (9º ano);  
sim 58,1%; um pouco 30,2%; nunca 11,7% (3º ano);

**Questão 3 - Modelo Atômico de Bohr:**  
sim 0%; um pouco 15,4%; nunca 84,6% (9º ano);  
sim 30,2%; um pouco 53,5%; nunca 16,3% (3º ano).

A partir das respostas às três primeiras questões do quadro 02, conclui-se que os estudantes do 9º ano (como já era de se esperar) apresentam poucos conhecimentos

prévios em relação aos conceitos de átomo e sua estrutura interna: prótons, nêutrons; elétrons e sobre o modelo atômico de Bohr. Por outro lado, os estudantes do 3º ano, conforme o quadro 3 apresentam percentuais mais significativos, quando comparados aos estudantes do 9º ano, com relação aos conhecimentos de estrutura da matéria.

Com relação à Questão 4, os percentuais dos quadros 02 e 03 foram, respectivamente:

**Questão 4** - Albert Einstein: sim 73%; um pouco 27%; nunca 0% (9º ano);  
sim 58%; um pouco 21%; nunca 21% (3º ano).

Observa-se que uma proporção maior dos estudantes do 9º ano conhecem o cientista. Ao serem indagados de onde conheciam Einstein, a maioria respondeu que o conheciam por meio das mídias sociais, como vídeos de influenciadores do Youtube, mostrando o apelo popular desse cientista nessas mídias. Inclusive, durante a aula virtual síncrona comentaram que: “Ele é aquele cientista que descobriu o buraco negro”.

Com relação à Questão 5, os percentuais dos quadros 02 e 03 foram, respectivamente:

**Questão 5** - Física Quântica: sim 15,4%; um pouco 42,3%; nunca 42,3% (9º ano);  
sim 53,5%; um pouco 21%; nunca 25,5% (3º ano).

Os dados dizem que uma proporção maior dos estudantes do 3º ano tinham conhecimento daquela área da Física. Um fato chamou atenção durante as aulas virtuais síncronas: alguns estudantes associaram tal área do conhecimento da Física, com questões de “espiritualidade ou *coaching* quântico”. Isso mostra a relevância de se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea na educação básica, de forma crítica e reflexiva, pois, as pseudociências e o charlatanismo ganharam impulso com a facilidade de acesso à informação no século XXI (STDART, 2019).

Os percentuais das Questões 6, 7 e 8 dos quadros 02 e 03 são, respectivamente:

**Questão 6** - Energia: sim 88,4%; um pouco 11,6%; nunca 0% (9º ano);  
sim 86,1%; um pouco 9,3%; nunca 4,6% (3º ano);

**Questão 7** - Frequência: sim 61,5%; um pouco 23,1%; nunca 15,4% (9º ano);  
sim 30,2%; um pouco 37,2%; nunca 32,6% (3º ano);

**Questão 8** - Você sabe quais são as cores que estão presentes no arco-íris?:  
sim 76,9%; um pouco 23,1%; nunca 0% (9º ano);  
sim 72,1%; um pouco 23,3%; nunca 4,6% (3º ano).

O objetivo das Questões 6, 7 e 8 é saber se os estudantes já possuem subsunçores que lhes permitirão dar significado aos conteúdos associados ao espectro eletromagnético da radiação. Contrariando a lógica dos currículos da educação básica, os estudantes do 9º ano apresentaram resultados ligeiramente melhores, do que os estudantes do 3º ano, os quais possuem estes assuntos dispostos em seus currículos com maior frequência. Conforme o que eles disseram, o fato deles pesquisarem em várias mídias sociais ajudou positivamente nessa atividade.

Com relação à Questão 9, os percentuais dos quadros 02 e 03 foram, respectivamente:

**Questão 9** - Fóton: sim 11,5%; um pouco 23,1%; nunca 65,4% (9º ano);  
sim 9,3%; um pouco 32,6%; nunca 58,1% (3º ano).

Evidenciando que a maioria dos estudantes, de ambas as turmas, não tinham conhecimento prévio de um dos conceitos fundamentais da FMC, e, que seria de fundamental importância para compreensão dos fenômenos da interação da radiação com a matéria, propostos nessas intervenções didáticas.

Os percentuais das Questões 10 e 11 dos quadros 02 e 03 são, respectivamente:

**Questão 10** - LASER: sim 57,7%; um pouco 34,6%; nunca 7,7% (9º ano);  
sim 35%; um pouco 32,5%; nunca 32,5% (3º ano);

**Questão 11** - LED: sim 61,5%; um pouco 38,5%; nunca 0% (9º ano);  
sim 42%; um pouco 32,5%; nunca 25,5% (3º ano);

A maioria dos estudantes, de ambas as turmas, apresentaram subsunçores ligados aos termos LASER e LED. Entretanto, observa-se que um percentual significativo dos estudantes do 3º ano não reconheceram esses termos que estão associados a diversos recursos tecnológicos encontrados no cotidiano.

Os percentuais das Questões 12, 13 e 14 dos quadros 02 e 03 são, respectivamente:

**Questão 12** - Absorção de Energia:

sim 0%; um pouco 38,4%; nunca 61,6% (9º ano);  
sim 14%; um pouco 32,5%; nunca 53,5% (3º ano);

**Questão 13** - Emissão Espontânea de Energia:

sim 0%; um pouco 27%; nunca 73% (9º ano);  
sim 23,3%; um pouco 25,7%; nunca 51% (3º ano);

**Questão 14** - Emissão Estimulada de Energia:

sim 0%; um pouco 19,2%; nunca 81,8% (9º ano);

sim 25,5%; um pouco 21%; nunca 53,5% (3º ano).

Portanto, a maioria dos estudantes, de ambas as turmas, nunca tinham ouvido falar sobre estes processos físicos de extrema importância para a compreensão de fenômenos e tecnologias cotidianas. O que demonstrou o tamanho do desafio que estaria por vir, neste processo de ensino e aprendizagem.

Os percentuais das Questões 15, 16 e 17 dos quadros 02 e 03 são, respectivamente:

**Questão 15 - Luminescência:**

sim 7,7%; um pouco 19,2%; nunca 73,1% (9º ano);

sim 14%; um pouco 32,5%; nunca 53,5% (3º ano);

**Questão 16 - Fosforescência:**

sim 7,7%; um pouco 11,5%; nunca 80,8% (9º ano);

sim 16,3%; um pouco 30,2%; nunca 53,5% (3º ano);

**Questão 17 - Fluorescência:**

sim 11,5%; um pouco 30,8%; nunca 57,7% (9º ano);

sim 18,6%; um pouco 44,2%; nunca 37,2% (3º ano).

**Questão 18 - A luz emitida por vagalumes e algas marinhas no escuro:**

sim 80,8%; um pouco 7,7%; nunca 11,5% (9º ano);

sim 79,1%; um pouco 9,3%; nunca 11,6% (3º ano).

Com relação às Questões 15 e 16, a maioria dos estudantes, de ambas as turmas, nunca tinham ouvido falar sobre esses termos. Já com relação à Questão 17, enquanto a maioria dos estudantes do 9º ano não tinham conhecimento sobre o termo Fluorescência, a maioria dos estudantes do 3º ano conheciam esse termo, sendo que alguns alunos relacionaram o termo em questão com a “floração de plantas, ou lâmpadas fluorescentes”. Embora a maioria dos alunos não tenham conhecimentos prévios sobre processos ligados à Luminescência, a Questão 18 evidencia que a maioria esmagadora deles reconhece, mesmo que indiretamente, o fenômeno da Bioluminescência em animais e algas.

Os percentuais das Questões 19 e 20 dos quadros 02 e 03 são, respectivamente:

**Questão 19 - Aplicações tecnológicas do LASER:**

sim 57,7%; um pouco 42,3%; nunca 0% (9º ano);

sim 49%; um pouco 42%; nunca 9% (3º ano);

**Questão 20** - Aplicações tecnológicas do LED:

sim 42,3%; um pouco 30,7%; nunca 27% (9º ano);

sim 44,2%; um pouco 37,2%; nunca 18,6% (3º ano);

A maioria dos estudantes, de ambas as turmas, apresentaram subsunçores ligados aos conhecimentos prévios de aplicações tecnológicas envolvendo o LASER e LED. Entretanto, quando compara-se estas duas últimas questões, com as Questões 10 e 11, percebe-se que o percentual de estudantes do 9º ano que têm conhecimentos sobre aplicações tecnológicas envolvendo o LASER é maior, do que o percentual de estudantes, dessa mesma turma, que têm conhecimentos apenas do termo LASER; enquanto, o percentual de estudantes do 9º ano que têm conhecimentos sobre aplicações tecnológicas envolvendo o LED é menor, do que o percentual de estudantes, dessa mesma turma, que têm conhecimentos apenas do termo LED.

Fazendo esta última comparação de questões para os estudantes do 3º ano percebe-se que o percentual de estudantes desta turma que possuem conhecimentos prévios de aplicações tecnológicas envolvendo o LASER e LED é maior, quando comparado apenas com os termos LASER e LED. Estas discrepâncias podem indicar um viés cognitivo ou inconsciente nas respostas dessas questões.

Em suma, a partir dos quadros 2 e 3 pode-se extrair informações relevantes sobre os conhecimentos prévios dos estudantes, que foram utilizadas nos outros momentos pedagógicos, visando tornar as aulas mais significativas para eles, conforme foi discutido no capítulo 3 desta dissertação.

**➤ 2ª Parte**

Após a aplicação do Questionário Prévio, foi dado um período de 10 minutos para os alunos assistirem uma pequena animação no Scratch<sup>20</sup> conforme a figura 37 com o objetivo de familiarizar os estudantes com termos técnicos e personagens que seriam contextualizados historicamente no próximo momento pedagógico. A seguir foi aplicado o segundo questionário do 1º Momento pedagógico, intitulado: **Pesquisando sobre o Diálogo da Animação**<sup>21</sup>. O questionário continha quatro (04) questões subjetivas, baseadas no enredo da animação e disponibilizadas no *Google*

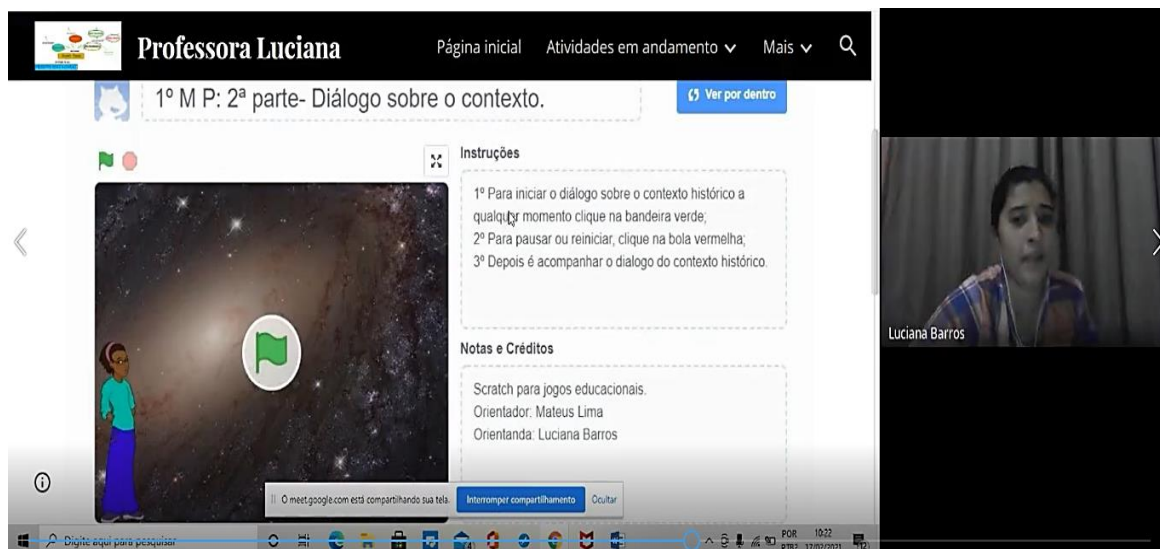
---

<sup>20</sup> Animação disponível em: <https://scratch.mit.edu/projects/487437130/>

<sup>21</sup> Questionário disponível em: <https://forms.gle/LBVafUFbuyLErks5>

Formulário, para serem respondidas de forma assíncrona, após pesquisa dos estudantes.

**Figura 37-** Momento da aula virtual no Scratch



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

As questões subjetivas deste último questionário versavam sobre:

**Questão 1** - Solicitava que os estudantes fizessem uma breve pesquisa e escrevessem sobre esses 4 elementos: Fótons, Matéria, Átomos e Elétrons;

**Questão 2** - Indagava os estudantes sobre quem era o cientista apresentado na animação e solicitava que estes fizessem uma breve pesquisa sobre a vida e obra deste cientista, além de completarem uma frase com algum aspecto descoberto nesta pesquisa;

**Questão 3** - Indagava os estudantes sobre os vocábulo Absorver e Emitir e solicitava que estes fizessem uma breve pesquisa e escrevessem sobre seguintes temas: Absorção de radiação, Emissão Espontânea de radiação e Emissão Estimulada de radiação;

**Questão 4** - Indagava os estudantes sobre os cientistas responsáveis pelas criações do LASER e do LED.

As respostas dos estudantes foram agrupadas em três (03) padrões:

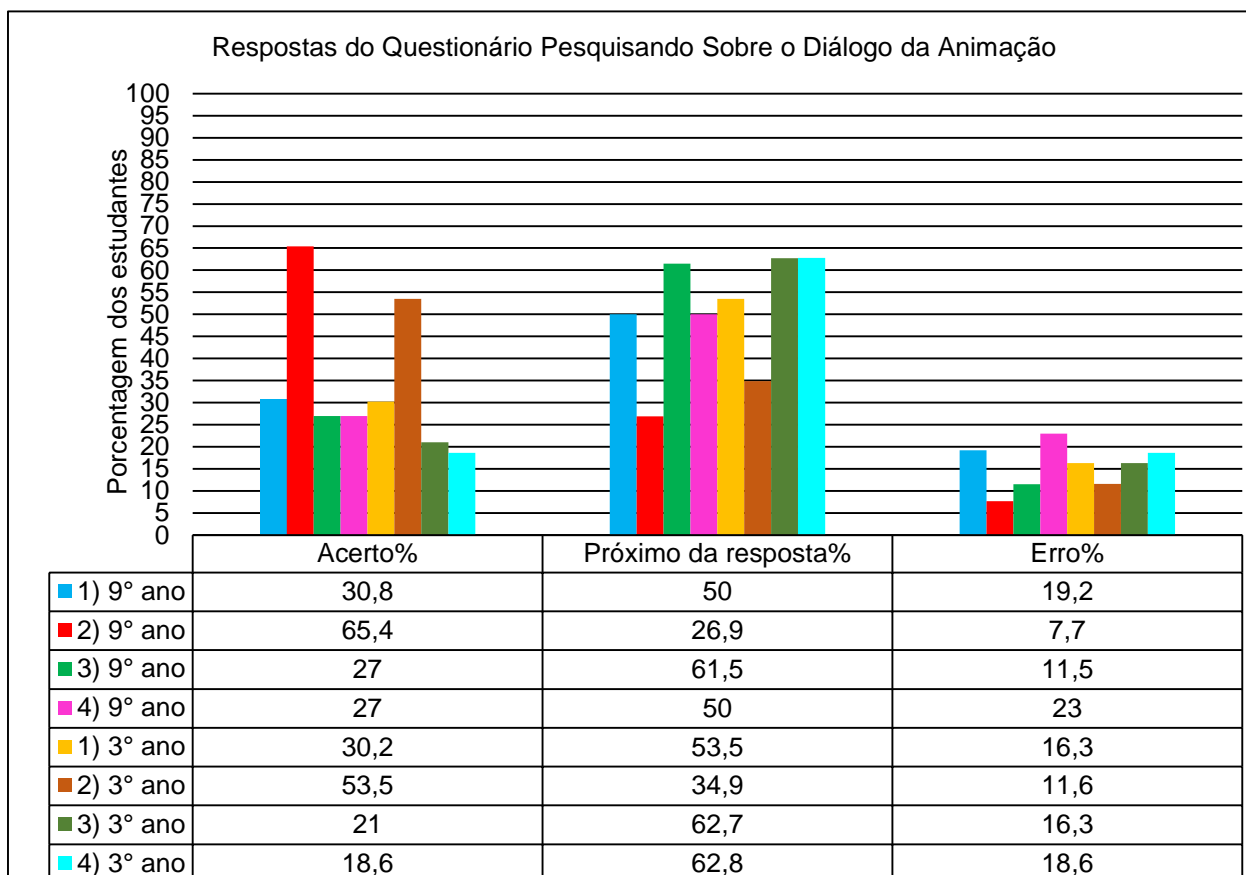
**Acerto** - respostas que se mantiveram coerentes dentro dos temas questionados;

**Próximo da resposta** - respostas que tangenciaram os temas questionados;

**Erro** - respostas que fugiram totalmente dos temas questionados.

Os percentuais associados a cada padrão de resposta (para as duas turmas) estão dispostos no Gráfico 01.

Gráfico 1: Resposta dos estudantes do 9º e 3º ano ao questionário pesquisando sobre o Diálogo da Animação



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Os resultados apresentados no Gráfico 01 evidenciam que houve empenho na pesquisa, por parte dos estudantes das duas turmas, durante a semana que tiveram para a resolução desta atividade assíncrona. Entretanto, percebe-se que o desempenho dos estudantes do 9º ano foi ligeiramente melhor, com um erro global nas respostas de 15,35%, frente aos 15,7% da turma de 3º ano.

Um fato relevante, constatado nos encontros virtuais posteriores, foi que os estudantes do 9º ano tinham o hábito de pesquisar com mais frequência, do que os estudantes do 3º ano, principalmente, em canais do Youtube, como o *Você sabia* e *Fatos desconhecidos*<sup>22</sup>, conforme eles citaram. Estes dois canais citados pelos estudantes apresentam um caráter sensacionalista e, muitas vezes, pseudocientífico. Mas indicam que o entretenimento digital pode ser uma porta de entrada ao letramento

<sup>22</sup> Disponíveis em:

<https://www.youtube.com/user/fatosdesconhecidos>

<https://www.youtube.com/channel/UCj0O6W8yDuLg3iraAXKgCrQ>

científico. Assim, atribui-se a isto, o fato de que eles tenham alcançado resultados expressivos diante de conceitos nunca vistos anteriormente.

## 5.2 Análise da Organização do conhecimento

O Segundo Momento Pedagógico caracterizou-se pela construção do conhecimento. Ou seja, o momento em que ocorreram ações com o intuito de estabelecer uma ponte entre os conhecimentos prévios dos estudantes de ambas as turmas, com o saber científico necessário à compreensão dos fenômenos físicos de interesse. Assim, esse momento desenvolve-se a partir de dois encontros virtuais, mediados pela plataforma *Google Meet*, nos quais ocorreram aula expositiva e uso dos ODA, além da aplicação de três questionários, contendo questões objetivas e/ou subjetivas. Esse momento pedagógico conforme a Sequência Didática resumida no quadro 1 foi dividido em duas partes:

### ➤ 1ª Parte:

A organização do conhecimento foi iniciada com uma apresentação de *slides*<sup>23</sup> a respeito da temática envolvendo a Interação da Radiação com a Matéria, na qual foram explorados vários subsunçores apresentados pelos estudantes nos questionários realizados no primeiro momento pedagógico e que, também, geraram dúvidas e/ou equívocos durante a realização das atividades anteriores.

Após a aula expositiva teve início o uso dos ODA, começando pelo **Hipertexto**<sup>24</sup> que foi usado para auxiliar a compreensão dos estudantes sobre os assuntos explorados nos *slides*, pelo fato deste hipertexto concentrar *links* dos tópicos selecionados em um mesmo ambiente, com informações coerentes para serem utilizadas durante as atividades, potencializando o material a ser estudado, como é proposto na teoria de Ausubel. Além disso, os livros didáticos adotados pela rede de ensino não contemplavam a maioria dos assuntos abordados e, também, muitos estudantes não possuíam livros didáticos, tendo em vista o ano fora do habitual, devido a pandemia de Covid-19.

---

<sup>23</sup> Slides em pdf disponível em: <http://gg.gg/wwsms>.

<sup>24</sup> O Hipertexto está no site educativo e também pode ser acessado diretamente com o link disponível em: <http://gg.gg/wu8hf>



Então, aplicou-se o primeiro questionário virtual do 2º momento pedagógico, intitulado: **Explorando a Interação da Radiação com a Matéria (Parte 1 - Conceitos Iniciais)**<sup>25</sup> com 8 questões mistas, respondidas de forma assíncrona. As respostas dos estudantes às questões subjetivas foram agrupadas nos mesmos 03 padrões utilizados anteriormente: Acerto; Próximo da resposta e Erro. Desse modo, a temática das questões e os percentuais associados a cada turma são dispostos a seguir:

**Questão 1** - Solicitava que os estudantes comentassem suas compreensões sobre os conceitos de - Átomo; Elétrons; Energia; Frequência; Radiação eletromagnética; Fótons; Níveis de Energia ou Camada Eletrônica; Espectro de Luz (radiação eletromagnética) e Dualidade onda-partícula.

Acerto 84,7 %; Próximo da resposta 11,5%; Erro 3,8% (9º ano);

Acerto 90,7%; Próximo da resposta 7,0 %; Erro 2,3% (3º ano).

**Questão 2** - Questão de múltipla escolha relacionada ao conceito de Absorção de Energia.

Acerto 88,5 %; Erro 11,5% (9º ano);

Acerto 90,7%; Erro 9,3% (3º ano).

**Questão 3** - Questão de múltipla escolha relacionada ao conceito de Emissão de Energia.

Acerto 92,3%; Erro 7,7% (9º ano);

Acerto 93,0%; Erro 7,0% (3º ano).

**Questão 4** - Indagava os estudantes sobre como ocorrem os processos de absorção, emissão espontânea e estimulada de energia, além da diferença entre os dois últimos processos.

Acerto 84,6%; Próximo da resposta 7,7%; Erro 7,7% (9º ano);

Acerto 90,7%; Próximo da resposta 7,0 %; Erro 2,3% (3º ano).

**Questão 5** - Indagava os estudantes sobre quem foi o cientista responsável pela introdução dos conceitos de Emissão Estimulada e Espontânea de Energia.

Acerto 100%; Erro 0% (9º ano);

Acerto 100%; Erro 0% (3º ano)

**Questão 6** - Solicitava que os estudantes escolhessem a alternativa que melhor se adequasse ao texto.

Acerto 76,9%; Erro 23,1% (9º ano);

---

<sup>25</sup> Questionário disponível em: <https://forms.gle/MHWQerbTmW7iPLka6>

Acerto 88,4%; Erro 11,6% (3º ano)

**Questão 7** - Solicitava que os estudantes escrevessem as unidades de medidas (SI) das grandezas: Energia dos fótons; Frequências e da Constante de Planck.

Acerto 69,2%; Próximo da resposta 23,1%; Erro 7,7% (9º ano);

Acerto 79,1 %; Próximo da resposta 13,9%; Erro 7,0% (3º ano).

**Questão 8** - Questão de múltipla escolha que apresentava um trecho da música “Quanta” de Gilberto Gil e solicitava que os estudantes fizessem relações entre os versos da música e as alternativas.

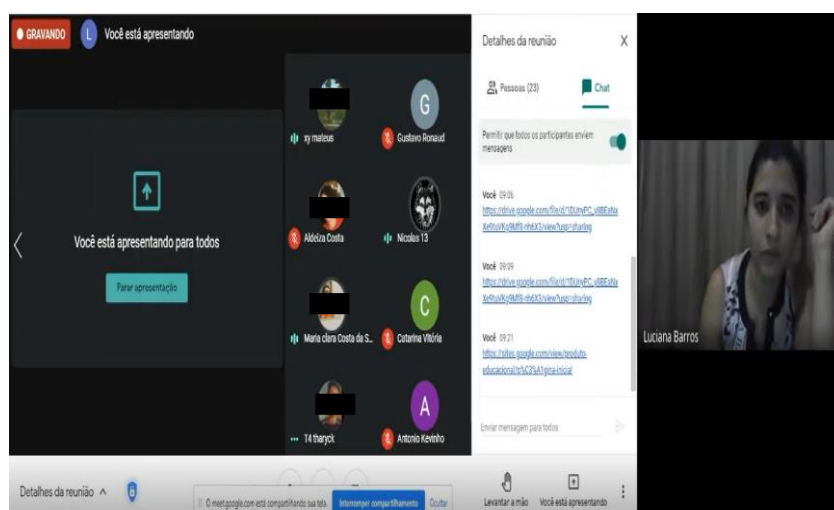
Acerto 76,9%; Erro 23,1% (9º ano);

Acerto 90,7%; Erro 9,3% (3º ano).

### ➤ 2ª Parte:

A segunda parte da organização do conhecimento teve início com o uso da **Simulação Computacional Rad&Mat**. Primeiramente, foi realizado um treinamento com os alunos conforme a figura 38, explicando as funcionalidades e potencialidades do simulador. Posteriormente, buscou-se explorar a diferença entre os processos subsequentes de absorção e emissão espontânea, e, absorção e emissão estimulada. Além disso, foi enfatizado que nem toda frequência da radiação incidente permitiria a mudança do nível fundamental para o nível excitado de energia do átomo.

**Figura 38-** Momento da aula virtual utilizando o simulador Rad&Mat



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Convém ressaltar que, a partir da simulação computacional Rad&Mat, também explorou-se elementos físicos, como: o modelo atômico de Bohr e os níveis de energia

atômico. Também foi enfatizado que aquela simulação não era uma representação fidedigna dos fenômenos encontrados na natureza. Dessa forma, trabalhou-se o letramento científico tão cobrado nos documentos oficiais.

Ademais, para a continuidade da Sequência Didática aplicou-se o segundo questionário virtual, intitulado: **Explorando a Interação da Radiação com a Matéria (Parte 2 - Simulador Computacional)**<sup>26</sup>, com duas questões subjetivas, respondidas de forma assíncrona. Novamente, as respostas dos estudantes às questões subjetivas foram agrupadas nos mesmos 03 padrões utilizados anteriormente: Acerto; Próximo da resposta e Erro. Desse modo, a temática das questões e os percentuais associados a cada turma são dispostos a seguir:

**Questão 1** - Solicitava que os estudantes expressassem suas observações sobre em que condições ocorreram os seguintes processos de Absorção e Emissão Espontânea de Energia e Absorção e Emissão Estimulada de Energia, através do uso da simulação computacional.

Acerto 80,8%; Próximo da resposta 15,4%; Erro 3,8% (9º ano);

Acerto 86,1%; Próximo da resposta 9,3%; Erro 4,6% (3º ano).

**Questão 2** - Solicitava que os estudantes aplicassem a expressão de Planck, para a energia dos fótons ( $E = h.f$ ), para diferentes frequências.

Acerto 53,8%; Próximo da resposta 19,2%; Erro 27% (9º ano);

Acerto 60,5%; Próximo da resposta 9,3%; Erro 30,2% (3º ano).

Vale ressaltar que a segunda questão deste questionário gerou muita discussão em ambas as turmas, sendo considerada a questão mais difícil até o momento, pelos alunos. Analisando as respostas constatou-se que a dificuldade estava em realizar multiplicações com números decimais e potências de base 10. Neste sentido, destaca-se que muitos são os desafios para os professores de Física, medirem no processo de ensino e aprendizagem de conceitos físicos quando envolvem as fórmulas matemáticas.

A segunda parte da organização do conhecimento foi finalizada com a aplicação do terceiro questionário virtual, intitulado: **Explorando a Interação da Radiação com a Matéria (Parte 3 - Aplicações Tecnológicas)**<sup>27</sup>, com seis questões mistas, respondidas de forma assíncrona. Novamente, as respostas dos estudantes

---

<sup>26</sup> Questionário disponível em: <https://forms.gle/QL2Q51EEsP6KVN4W9>

<sup>27</sup> Questionário disponível em: <https://forms.gle/eoNgpbPHqfNCscTBA>

às questões subjetivas foram agrupadas nos mesmos 03 padrões utilizados anteriormente: Acerto; Próximo da resposta e Erro. Desse modo, a temática das questões e os percentuais associados a cada turma são dispostos a seguir:

**Questão 1** - Solicitava que os estudantes observassem uma imagem e escolhessem uma alternativa que completasse corretamente os espaços em uma sentença sobre os processos de Absorção e Emissão Espontânea de Energia e Absorção e Emissão Estimulada de Energia.

Acerto 84,7%; Erro 15,3% (9º ano);

Acerto 93,0%; Erro 7,0 % (3º ano).

**Questão 2** - Solicitava que os estudantes observassem uma imagem e escolhessem uma alternativa que completasse corretamente um espaço em uma sentença sobre a Ação LASER.

Acerto 92,3%; Erro 7,7% (9º ano);

Acerto 90,7%; Erro 9,3% (3º ano).

**Questão 3** - Solicitava que os estudantes realizassem uma pesquisa e escrevessem suas impressões sobre dois mecanismos de Luminescência (Fluorescência e Fosforescência).

Acerto 73,1%; Próximo da resposta 15,4%; Erro 11,5% (9º ano);

Acerto 65,1%; Próximo da resposta 28%; Erro 6,9% (3º ano).

**Questão 4** - Solicitava que os estudantes realizassem uma pesquisa e escrevessem suas impressões sobre princípios e mecanismos de funcionamento dos seguintes equipamentos elétricos: a lâmpada Fluorescente; um apontador LASER e uma lâmpada de LED.

Acerto 80,7 %; Próximo da resposta 15,3%; Erro 4,0% (9º ano);

Acerto 90,7%; Próximo da resposta 7,0%; Erro 2,3% (3º ano).

**Questão 5** - Solicitava que os estudantes observassem um mapa mental envolvendo aplicações tecnológicas da Emissão Espontânea, realizassem uma pesquisa e escrevessem suas impressões sobre a importância dessas aplicações na sociedade moderna e em seu cotidiano.

Acerto 88,4%; Próximo da resposta 7,6%; Erro 4,0% (9º ano);

Acerto 90,7%; Próximo da resposta 7,0%; Erro 2,3% (3º ano).

**Questão 6** - Solicitava que os estudantes observassem um mapa mental envolvendo aplicações tecnológicas da Emissão Estimulada, realizassem uma pesquisa e

escrevessem suas impressões sobre a importância dessas aplicações na sociedade moderna e em seu cotidiano.

Acerto 96,0%; Próximo da resposta 4,0%; Erro 0% (9º ano);

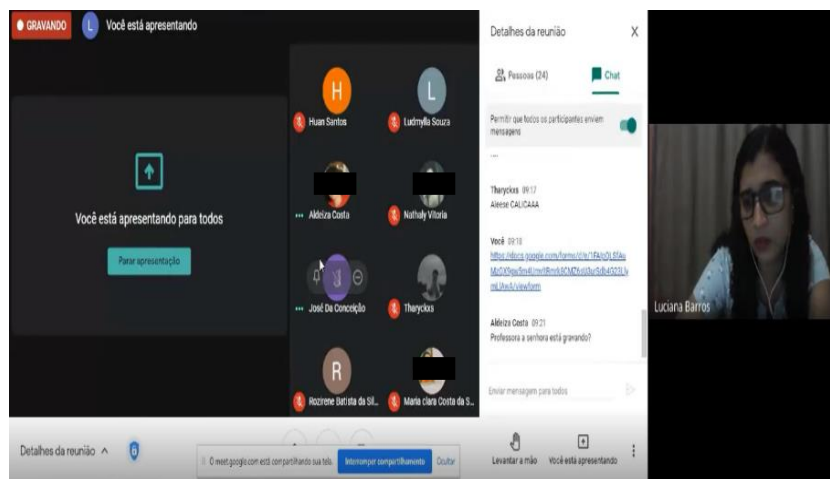
Acerto 93,0%; Próximo da resposta 7,0%; Erro 0% (3º ano).

Em síntese, as atividades desenvolvidas neste momento pedagógico abordavam os conteúdos físicos com uma linguagem mais científica, buscando um entendimento, por parte dos estudantes, com um pensamento crítico acerca das aplicações tecnológicas presentes no seu cotidiano.

### 5.3 Análise da Aplicação do conhecimento

O Terceiro Momento Pedagógico caracterizou-se pela aplicação do conhecimento. Ou seja, o momento em que ocorreram ações com o intuito de efetivar os conhecimentos apresentados anteriormente, buscando uma aprendizagem significativa crítica e reflexiva. Para isso, foi realizado o último encontro virtual da intervenção pedagógica, mediado pela plataforma *Google Meet* (Figura 33), nos qual houve uma explanação geral sobre os dois encontros virtuais desenvolvidos anteriormente, buscando solucionar qualquer dúvida ainda presente e obter um retorno, mesmo que qualitativo, sobre as impressões dos estudantes sobre esta prática pedagógica. Então, foi realizada a aplicação de dois questionários com perguntas objetivas e subjetivas, cujas características e resultados serão explorados adiante.

Figura 39- Último encontro virtual



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Durante o último encontro virtual foram apresentados aos estudantes os últimos dois ODA: **mapas conceituais e mentais**. O objetivo desses ODA era fazer uma revisão sistemática dos assuntos abordados e aferir se os estudantes foram capazes de transpor seus conhecimentos prévios, em direção aos conhecimentos científicos adquiridos durante o 2º momento pedagógico, colocando em prática o que eles aprenderam. Por questões organizacionais, este último momento pedagógico foi dividido em duas partes:

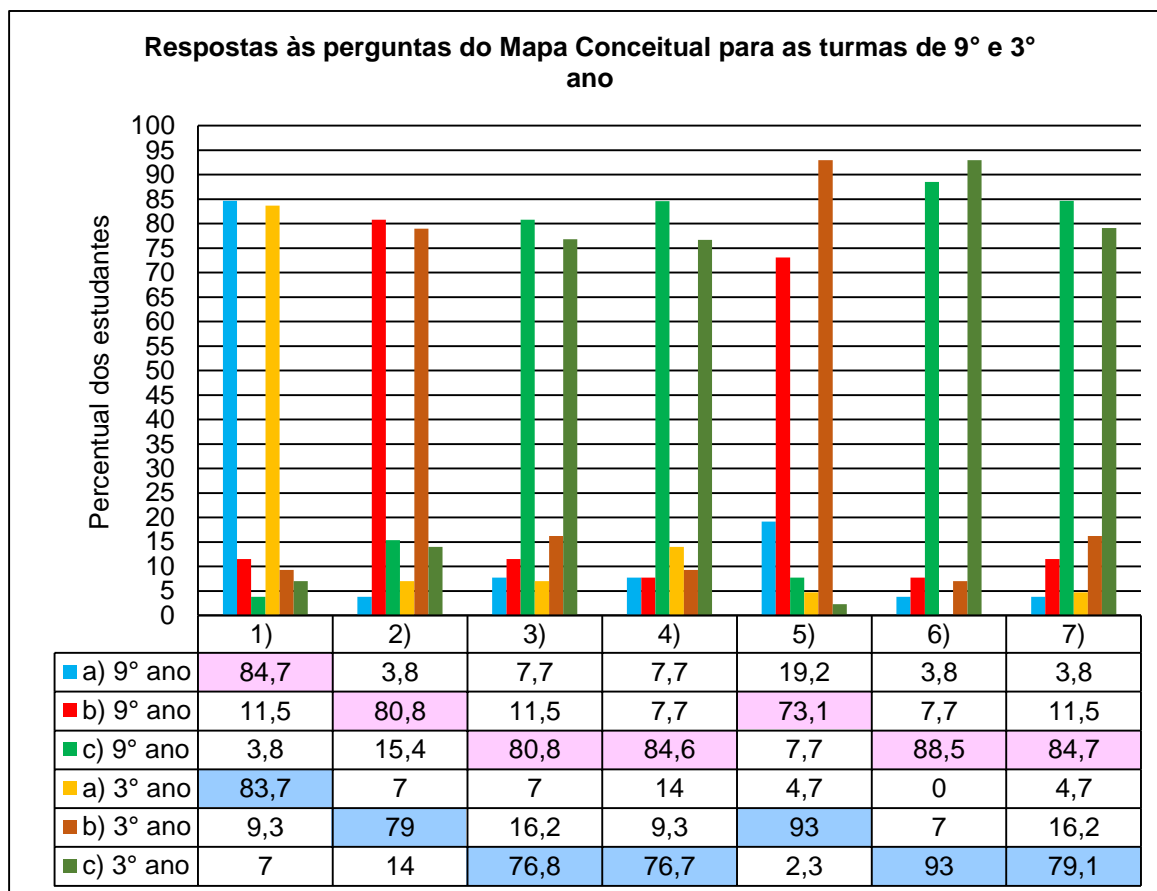
➤ **1ª Parte:**

A aplicação do conhecimento teve início de fato, com a aplicação do questionário virtual, intitulado: **3º Momento Pedagógico: Aplicação do Conhecimento**<sup>28</sup> que contava com 3 questões objetivas que solicitavam o preenchimento de um mapa conceitual e a realização de associações em dois mapas mentais. Este questionário foi apresentado aos alunos, ainda durante o encontro virtual, como uma atividade assíncrona, porém, vários estudantes o preencheram rapidamente. Desse modo, a temática das questões e os percentuais associados a cada turma são discutidos a seguir:

**Questão 1** - Apresentava um mapa conceitual com uma revisão de sete (07) tópicos ou processos físicos sobre a temática **Interação da Radiação com a Matéria**. Entretanto, não eram fornecidos os nomes dos processos ou suas associações. Havia três (03) alternativas para cada uma das 07 indagações. Os percentuais de respostas associados a cada indagação estão dispostos no Gráfico 04, onde o percentual de respostas corretas da turma do 9º ano está destacado em rosa claro, enquanto o percentual de respostas corretas da turma de 3º ano está destacado em azul claro.

---

<sup>28</sup> Questionário disponível em: <https://forms.gle/yHGVs7Pt7ViiXxGK7>

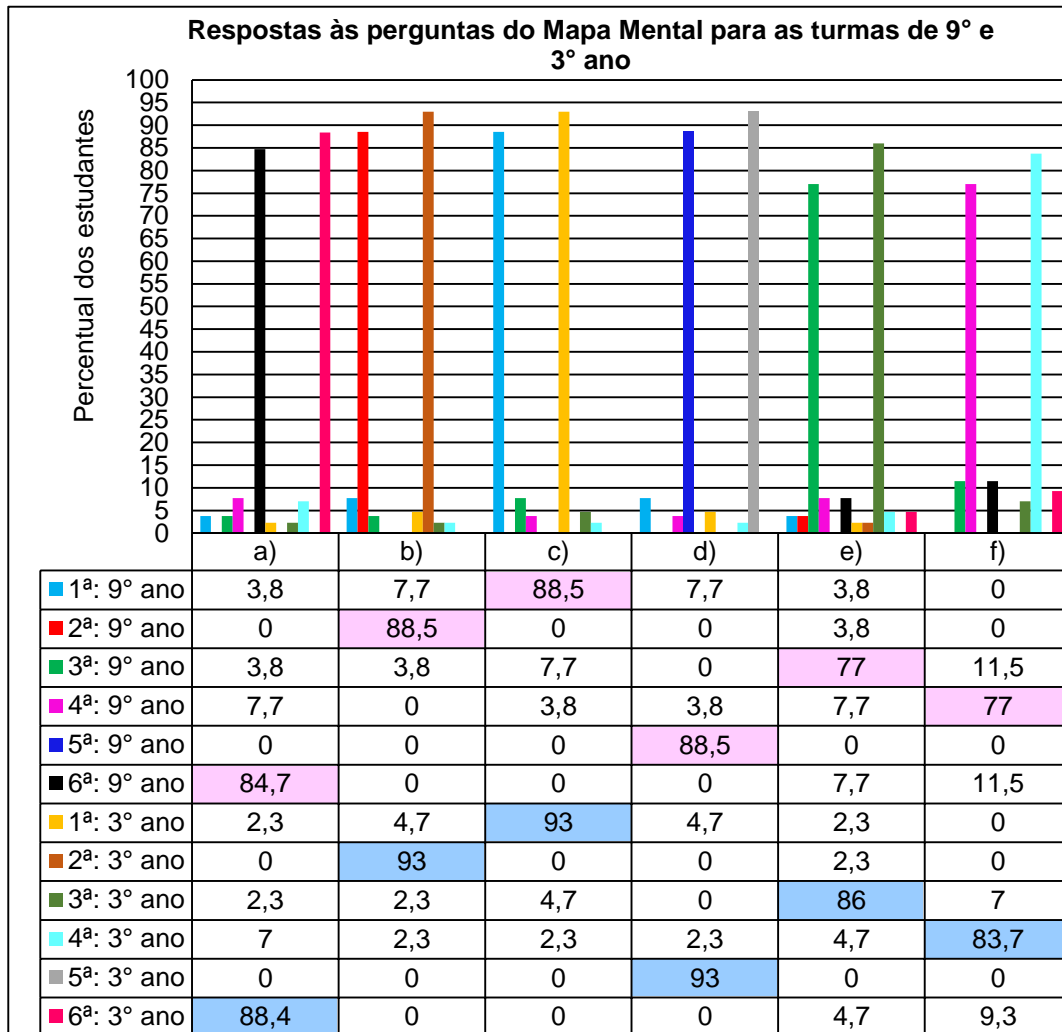
**Gráfico 2-** Respostas ao Mapa Conceitual do questionário de aplicação do conhecimento

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Observando os altos percentuais de acerto no Gráfico 04, de ambas as turmas, conclui-se que os estudantes atingiram a compreensão dos assuntos explorados naquele mapa conceitual. Vale ressaltar que, de início, os estudantes receberam o mapa conceitual com certo desconforto, alegando ser difícil conectar as respostas aos números, conforme o comando. No entanto, após a primeira indagação ser respondida, como exemplo, a atividade transcorreu sem maiores problemas.

**Questão 2** - Apresentava um mapa mental envolvendo seis (06) imagens de aplicações cotidianas associadas aos processos de **Absorção e Emissão Espontânea de Energia** e solicitava que os estudantes fizessem a associação de certas descrições de fenômenos, processos ou objetos às imagens do mapa mental. Os percentuais de respostas associados a cada item estão dispostos no Gráfico 05, onde o percentual de respostas corretas da turma do 9º ano está destacado em rosa claro, enquanto o percentual de respostas corretas da turma de 3º ano está destacado em azul claro.

**Gráfico 3-** Respostas ao Mapa Mental sobre aplicações da Emissão Espontânea do questionário de aplicação do conhecimento

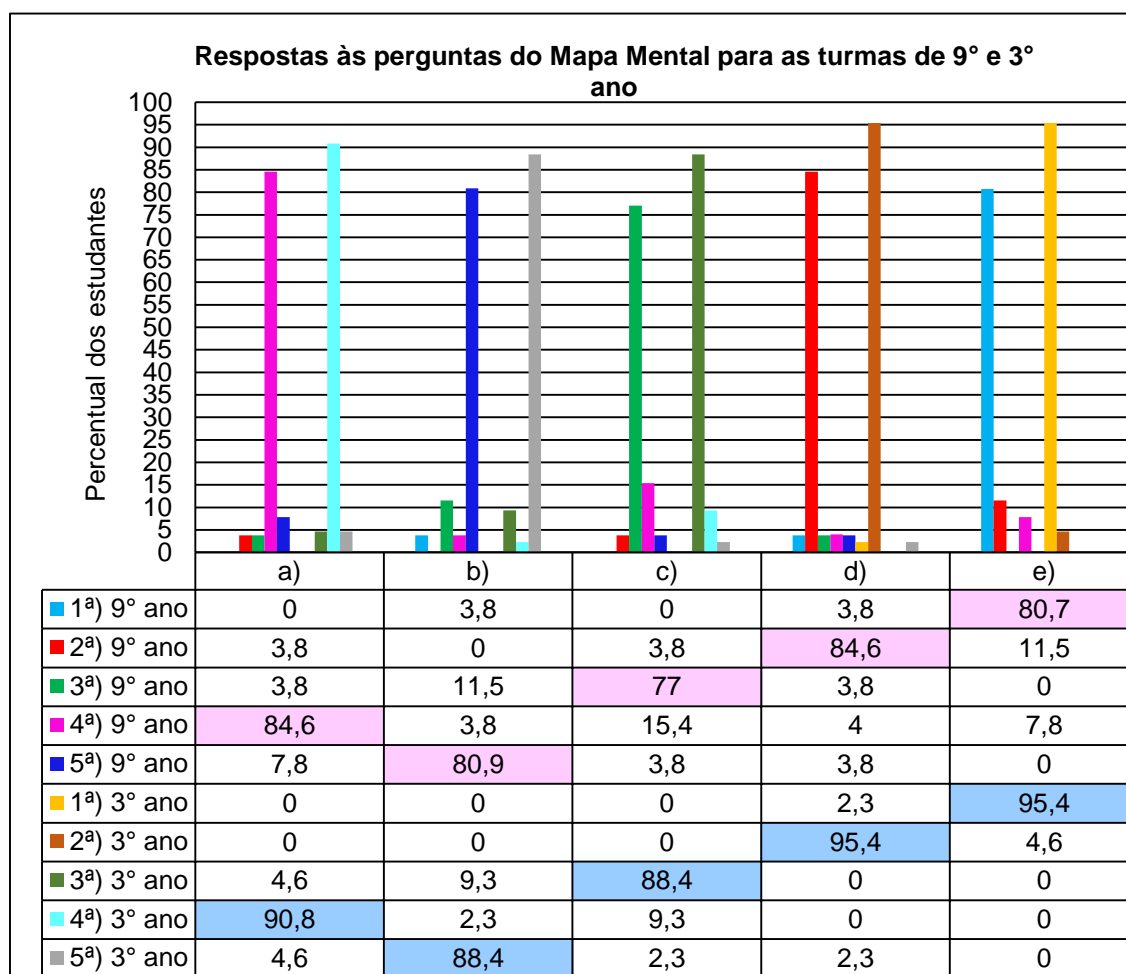


Fonte: Elaborado pela autora (2021)

**Questão 3** - Apresentava um mapa mental envolvendo cinco (05) imagens de aplicações cotidianas associadas aos processos de **Absorção e Emissão Estimulada de Energia** e solicitava que os estudantes fizessem a associação de certas descrições de procedimentos às imagens do mapa mental. Os percentuais de respostas associados a cada item estão dispostos no Gráfico 06, onde o percentual de respostas corretas da turma do 9º ano está destacado em rosa claro, enquanto o percentual de respostas corretas da turma de 3º ano está destacado em azul claro.



**Gráfico 4-** Respostas ao Mapa Mental sobre aplicações da Emissão Estimulada do questionário de aplicação do conhecimento



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Observando os percentuais dos dois mapas mentais apresentados nos Gráficos 05 e 06 pode-se concluir que estes ODA atingiram os objetivos pretendidos neste trabalho, no caso, a compreensão das aplicabilidades cotidianas dos fenômenos estudados.

Em resumo, acrescenta-se que tanto o mapa conceitual, quanto os mapas mentais são recursos de suma importância, quando empregados para construção do “processo de ensino-aprendizagem, como ferramenta estratégica para facilitar a aprendizagem (significativa) e também, como instrumentos que servem para sua avaliação”. (ROSA, 2014).

### ➤ 2ª Parte:

A última atividade realizada no último momento pedagógico foi o preenchimento assíncrono do **Formulário de Avaliação das Atividades**

**desenvolvidas no decorrer dos três encontros virtuais<sup>29</sup>**, com dez (10) questões mistas, no qual buscou-se verificar o impacto de todas as atividades desenvolvidas no produto educacional desta dissertação, para a concretização do processo de ensino e aprendizagem.

Desse modo, as respostas de ambas as turmas às cinco (05) primeiras questões daquele questionário estão dispostas no Gráfico 07, de onde pode-se concluir que:

**Questão 1** - Quanto a satisfação com o formato geral dessas três aulas virtuais:

Totalmente satisfeito (ou satisfeito) 96% (9º ano);

Totalmente satisfeito (ou satisfeito) 90,7% (3º ano).

**Questão 2** - Quanto ao uso das TIC tornarem as aulas de Ciências mais atrativas e empolgantes:

Totalmente (ou parcialmente) de acordo 88,5% (9º ano);

Totalmente (ou parcialmente) de acordo 90,7% (3º ano).

**Questão 3** - Quanto à importância dos processos de Absorção e Emissão de Energia e suas aplicações tecnológicas, na formação dos estudantes:

Totalmente (ou parcialmente) de acordo 92,3% (9º ano);

Totalmente (ou parcialmente) de acordo 93,1% (3º ano).

**Questão 4** - Quanto à utilidade das indicações de materiais de estudo, para a resolução das atividades propostas:

Extremamente (ou muito) úteis 96,2% (9º ano);

Extremamente (ou muito) úteis 97,7% (3º ano).

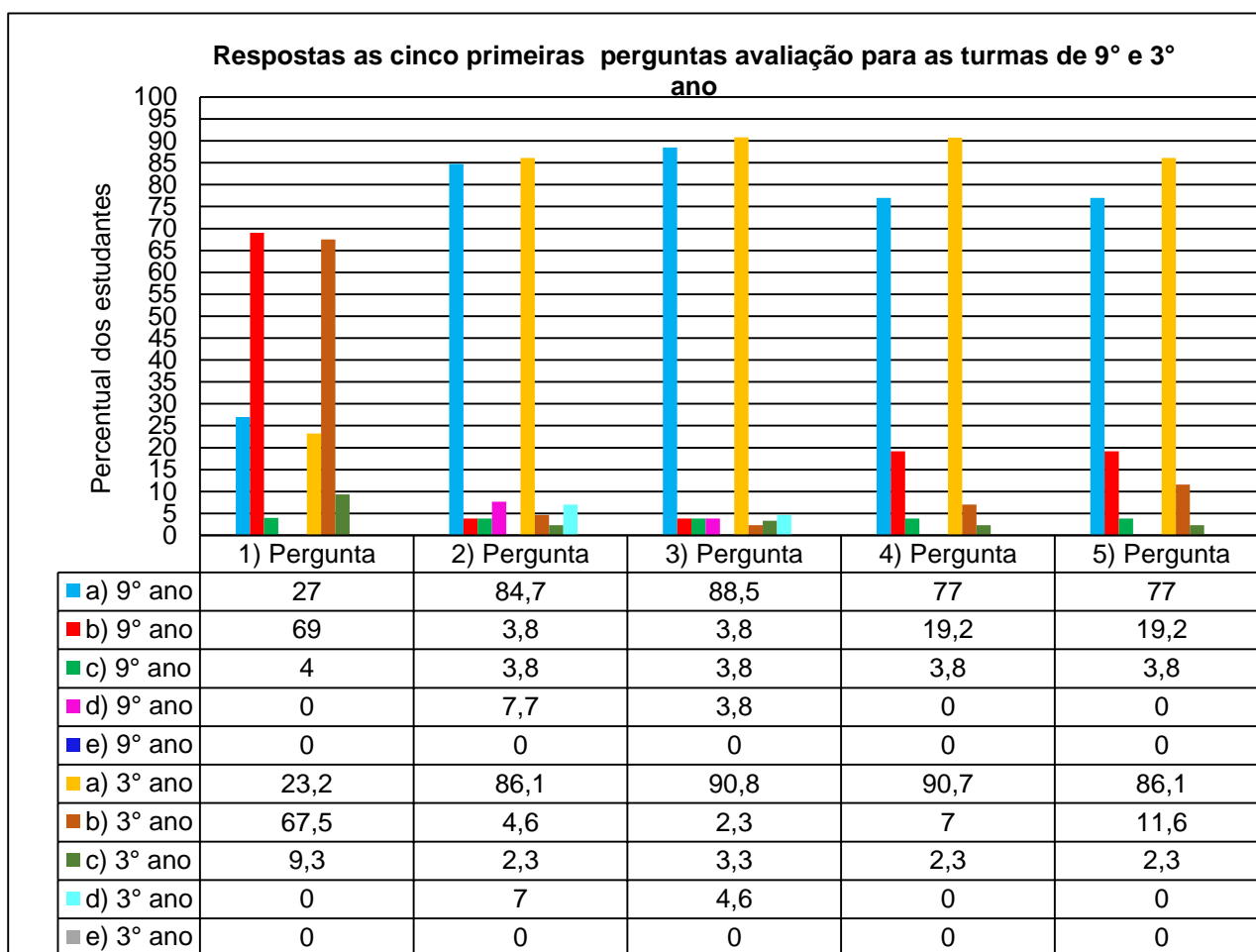
**Questão 5** - Quanto a organização das aulas virtuais em 3MP e disponibilização dos materiais de estudo e atividades com antecedência facilitaram a compreensão dos conteúdos:

Totalmente (ou parcialmente) de acordo 96,2% (9º ano);

Totalmente (ou parcialmente) de acordo 97,4% (3º ano).

---

<sup>29</sup> Questionário disponível em: <https://forms.gle/rbatEEEMfCdcF6Ls6>

**Gráfico 5-** Respostas às cinco primeiras perguntas do Formulário de Avaliação das Atividades

Fonte: Elaborado pela da autora (2021)

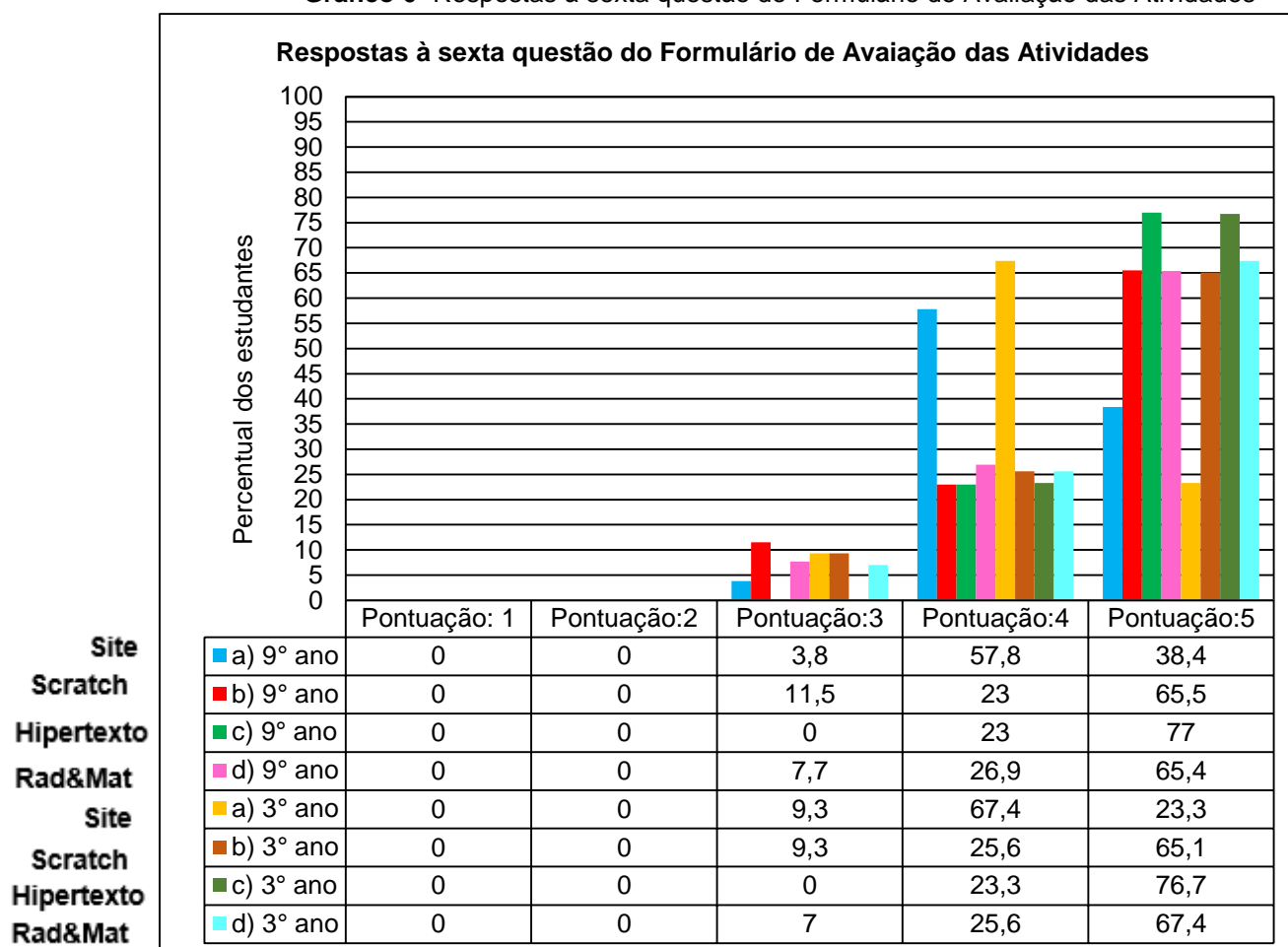
Os resultados das 05 questões apresentadas até o momento evidenciam que os estudantes aprovaram esse formato de aula *online*, com a utilização das TIC e emprego das Metodologias Ativas. Além disso, eles reconheceram a relevância dos conteúdos ensinados, para além da sala de aula.

Resta saber a avaliação dos ODA, por parte dos estudantes. Isto foi aferido nas questões 06 e 07, cujos resultados estão dispostos, respectivamente, nos Gráficos 08 e 09 e contextualizados a seguir:

**Questão 6** - Solicitava a avaliação dos ODA, quanto agente facilitador da compreensão dos conteúdos, numa escala de 1 a 5. A seguir é descrito a relação entre o código de cores apresentado no Gráfico 08 e seus respectivos ODA:

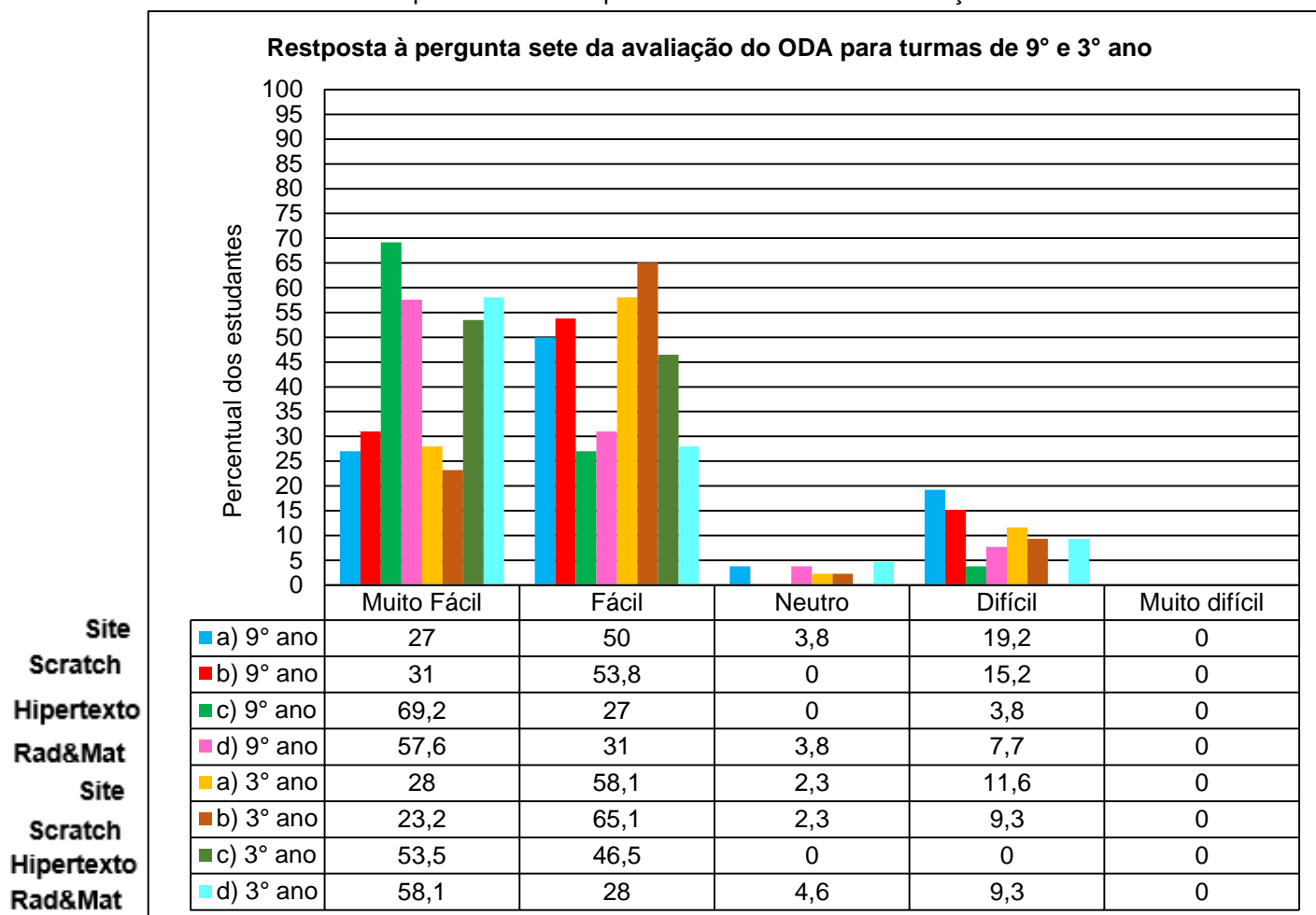
Turma de 9º ano - Azul ⇔ Site Educativo; Vermelho ⇔ Animação no Scratch; Verde claro ⇔ Hipertexto; Roxo ⇔ Simulador Rad&Mat

Turma de 3º ano – Amarelo caramelo ⇔ Site Educativo; Marrom ⇔ Animação no Scratch; Verde Escuro ⇔ Hipertexto; Ciano ⇔ Simulador Rad&Mat

**Gráfico 6-** Respostas à sexta questão do Formulário de Avaliação das Atividades

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

**Questão 7** - Solicitava a avaliação dos ODA, quanto a facilidade de uso. Os percentuais associados a cada turma estão dispostos no Gráfico 09 que segue a mesma correspondência entre o código de cores e seus respectivos ODA da questão 06.

**Gráfico 7-** Respostas à sétima questão do Formulário de Avaliação das Atividades

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Dos Gráficos 08 e 09 percebe-se que os ODA foram muito bem avaliados, quanto agentes facilitadores da aprendizagem dos conteúdos estudados e facilidade de uso. Persistindo maior dificuldade de uso no *Site Educativo* e na *Animação no Scratch*, o que sucinta uma maior atenção na usabilidade desses ODA e, futuramente, mel horas devem ser implementadas nesses ODA.

Finalizando este último questionário foram aplicadas ainda três (03) questões subjetivas, cujas descrições e análise são apresentadas a seguir:

**Questão 8** - Indagava os estudantes se estes haviam realizado pesquisas em outros materiais de estudo, além dos fornecidos na Sequência Didática, e, quais seriam esses materiais:

Sim 38,5%; Não 61,5% (9° ano);

Sim 39,5%; Não 60,5% (3° ano).

Neste sentido, percebe-se que a maior parte dos estudantes se restringiram a utilizar os materiais fornecidos na Sequência Didática. Entretanto, isso não se mostrou como um fator limitante para a aprendizagem, visto que os resultados anteriores demonstraram o êxito desses estudantes na realização das atividades propostas. Além disso, a boa avaliação dos ODA demonstra que os mesmos são materiais de qualidade e foram úteis em potencializar a construção do aprendizado, indo ao encontro do que é defendido pela aprendizagem significativa de Ausubel. E, por fim, como referências adicionais, a maioria dos estudantes que realizaram pesquisas citaram o *Google* e o *Youtube*.

**Questão 9** - Indagava os estudantes sobre os aspectos que mais lhes agradaram durante a prática pedagógica. As respostas foram agrupadas nos padrões a seguir:

*Turma de 9º ano*

Explicação da Professora 38,5%; Conforto de estar em casa 11,5%; Participação e engajamento nas atividades 27%; Simulador Computacional 23%.

*Turma de 3º ano*

Explicação da Professora 35%; Conforto de estar em casa 27,9%; Participação e engajamento nas atividades 11,6%; Simulador Computacional 25,5%.

**Questão 10** - Indagava se os estudantes tinham algum comentário, crítica ou sugestão para ajudar a melhorar algum aspecto dessas aulas virtuais. As respostas foram agrupadas nos padrões a seguir:

*Turma de 9º ano*

Não tinham nada a acrescentar 65,4%; Afirmaram que os ODA facilitaram o entendimento dos conteúdos 23,1%; Gostaram da aula virtual, mas preferem as aulas presenciais 11,5%.

*Turma de 3º ano*

Não tinham nada a acrescentar 48,8%; Afirmaram que os ODA facilitaram o entendimento dos conteúdos 35%; Gostaram da aula virtual, mas preferem as aulas presenciais 16,2%.

Mediante os resultados expostos durante a realização dos três momentos pedagógicos desta intervenção didática, conclui-se que a associação das Metodologias Ativas Ensino Híbrido/Sala de Aula Invertida e os 3MP de Delizoicov e Angotti, aos ODA (Site Educativo; Animação no Scratch; Hipertexto, Simulador Computacional Rad&Mat) proporcionaram indícios de uma aprendizagem significativa, com base nos estudos das Teorias de Educação e Aprendizagem Significativa e/ou Crítica Ausubel e Moreira.

## Considerações Finais

O ensino da disciplina Física na educação básica vem sendo muito discutido ao longo das últimas décadas. Ultimamente, os recursos pedagógico-metodológicos têm ganhado destaque na construção do processo de ensino e aprendizagem, seja para motivar o engajamento dos estudantes, ou para aproximar a teoria com a prática, tendo em vista, que tais ações são fundamentais para a aprendizagem.

Neste segmento, o uso das Tecnologias de Informação e Comunicações na construção do processo de ensino e aprendizagem têm sido cada vez mais recorrentes como recurso didático-pedagógico capaz de promover construções de saberes e permitem aulas com mais dinamismo, principalmente neste período de pandemia de Covid-19.

Nesta direção, esse trabalho buscou proporcionar a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea, ligados à Interação da Radiação com a Matéria, em especial, a Absorção, Emissão Espontânea e Emissão Estimulada de Energia, por meio de atividades auxiliadas pelas TIC, que resultaram em uma Sequência Didática que continha os seguintes Objetos Digitais de Aprendizagem: Site Educativo; Animação no Scratch; Hipertexto; Simulação Computacional Rad&Mat e Mapas Mentais e Conceituais. Além disso, esta Sequência Didática empregou as Metodologias Ativas Ensino Híbrido/Sala de Aula Invertida e os Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov e Angotti, baseadas em teorias de educação e aprendizagem significativa e/ou crítica.

A Sequência Didática desenvolvida neste trabalho foi incorporada a um Produto Educacional que foi aplicado em duas turmas da educação básica da rede pública no interior do Pará (Sapucaia-PA), resultando em um aprendizado com significado para esses estudantes que foram capazes de transportar tais conhecimentos adquiridos, para o ambiente externo da sala de aula, por meio de trocas de experiências com seus colegas.

Um dos maiores desafios da aplicação do Produto Educacional foi convencer a gestão escolar e os responsáveis dos alunos que as atividades de forma remota poderiam gerar melhores resultados, do que presencialmente. Inicialmente, a gestão da escola de ensino fundamental tinha como planos retornar as aulas de maneira

presencial, mesmo com o estado do Pará estando em bandeira vermelha, com relação aos casos de Covid-19, pois, a gestão alegava que os pais não queriam retornar com as aulas de forma remota, como no ano anterior, por meio apenas de apostilas impressas. Após explanação e justificativa do Produto Educacional, para os responsáveis dos estudantes, o projeto foi aprovado e colocado em prática. Já com a escola de ensino médio, a burocracia foi mais célere, pois a Secretaria de Educação do Estado do Pará (SEDUC-PA) providencia para todos os estudantes do ensino médio *e-mails* institucionais e, também, já os mantinham cadastrados em salas virtuais, o que facilitou a execução das atividades propostas.

Durante a realização das atividades dos 3MP houve intenso comprometimento e entusiasmo dos estudantes, principalmente com o uso dos ODA, que proporcionaram uma melhor compreensão da dinâmica dos conteúdos estudados e favoreceram a participação ativa dos estudantes. Por exemplo, a realização das atividades com o uso do Simulador Computacional Rad&Mat foi um momento pedagógico especial, pela participação, curiosidade e a variedade de perguntas que surgiram sobre os três processos de interação apresentados. A maneira como os estudantes interagiam e percebiam a diferença entre os três processos foi formidável, levando em conta que se fosse apenas uma aula expositiva, dificilmente teria-se atingido a compreensão dos assuntos tão rápido.

Com relação a animação no Scratch e o emprego do Hipertexto, os resultados constatados verificam-se, também, como positivos, destacando-se dois acontecimentos na aplicação desses ODA. Primeiramente, os estudantes demonstraram bastante interesse em saber como aquela animação foi feita e se poderiam adaptá-las para outros contextos. Além disso, a praticidade oferecida pelo Hipertexto foi elogiada, uma vez que, em um único lugar estavam várias informações, facilitando a busca dos conhecimentos necessários, principalmente nas questões em que os estudantes tinham que definir conceitos, como no 2º momento pedagógico, por outros meios que não fosse apenas o livro didático.

O preenchimento dos mapas conceitual e mentais também empolgou os estudantes. Houve estudantes que se desafiaram para verificar quem tinha acertado mais questões. Além disso, os estudantes confirmaram por meio da interação que ocorreu durante o 3º momento pedagógico que os mapas conceituais são muito úteis para revisar os conteúdos, assim, como os mapas mentais são úteis para potencializar a associação e o entendimento relacionados aos conteúdos com maior significado.



Convém mencionar que a participação dos estudantes se deu de maneira direta (síncrona), durante os três encontros, e, também, houve estudantes que por problemas na conexão na internet participaram de forma indireta (assíncrona), recebendo vídeos com orientações de como proceder e explicações dos assuntos, quando surgiam dúvidas. Além disso, o engajamento nas atividades propostas não surgia espontaneamente. Mesmo com o auxílio das Metodologias Ativas foi necessário manter a obrigatoriedade das atividades para compor a nota dos estudantes, visto que, de início, os estudantes manifestaram uma resistência à disciplina de Física, por imaginarem que a prática pedagógica seria baseada no método tradicional, apoiado apenas em aula expositiva, com conceitos e contas matemáticas.

Neste sentido, os estudantes do 3º ano do ensino médio que trabalhavam e estudavam no período noturno foram os que mais ofereceram resistência quanto à prática da Sequência Didática. Entretanto, com o desenvolvimento das atividades, o posicionamento desses estudantes foi sendo alterado, à medida que os ODA eram inseridos no contexto das Metodologias Ativas, uma vez que estes permitiam a visualização dos mecanismos dinâmicos dos processos físicos estudados, diminuindo o grau de abstração dos mesmos.

A prática docente em sala de aula nunca foi uma tarefa fácil e, provavelmente, nunca será. No entanto, cabe aos docentes da educação básica refletirem como suas ações frente ao ensino podem promover o letramento científico dos alunos. As TIC podem desempenhar um papel de destaque neste esforço educacional, superando alguns problemas enfrentados no ensino tradicional, unindo o pedagógico e o tecnológico, ao buscar práticas metodológico-pedagógicas que estimulem a aprendizagem significativa crítica, na qual os estudantes sejam capacitados para transpor os conhecimentos científicos para além da sala de aula.

A pandemia de COVID-19 também impôs desafios imensos a toda comunidade escolar, sendo o Ensino Remoto Emergencial apenas isso: uma solução emergencial. Porém, mesmo que involuntariamente, essa pandemia acelerou a inserção no cotidiano escolar de práticas pedagógicas, baseadas em Metodologias Ativas e no uso das TDIC. Desse modo, muitos trabalhos têm sido publicados sobre a questão do processo de ensino e aprendizagem no contexto pandêmico, inclusive, parte dos resultados desta dissertação foram apresentados em alguns encontros virtuais de abrangência regional e nacional (Apêndice B).

Em síntese, como perspectiva para o futuro, espera-se que esse trabalho seja apenas o embrião de discussões sobre: Por quê e como se fazer ciências? De acordo com o que foi apresentado nesta dissertação acredita-se que responder essa pergunta será a missão diária dos profissionais da disciplina de Física. Para isso, estes profissionais devem permitir que as informações disponíveis em qualquer meio de comunicação tornem-se conhecimento significativo para os estudantes, tendo em vista que a busca do engajamento necessário ao aprendizado dos conceitos dessa área de saberes, passa por uma prática pedagógica que gere uma aprendizagem crítica e reflexiva, sobre o mundo cotidiano de todos que vivem em comunidade.

## Referências Bibliográficas

- ALVES, Vagner Camarini; STACHAK, Marilei. **A importância de aulas experimentais no processo ensino–aprendizagem em física Eletricidade**. 2005. Disponível em:<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/>. Acesso em: 11 de fev. 2020.
- ARAÚJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. **Interatividade em recurso computacionais aplicados ao ensino-aprendizagem de física**. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/cref/uab/midias/apoio/14\\_Jornada\\_UNIFRA\\_2008.pdf](http://www.if.ufrgs.br/cref/uab/midias/apoio/14_Jornada_UNIFRA_2008.pdf). Acesso em 13 de ago. 2020.
- BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias Ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre:1ª ed. Penso. 2018, p.9-15.
- BAGNATO, Vanderlei Salvador. Mini Reunião Anual da SBPA: **Curso Luz, sua natureza, interação com a matéria e aplicações**. Instituto de Física de São Carlos IFSC/USP. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Zz-1CMnF36U>. Acesso em: 15 de set. 2020. 96 minutos.
- BAGNATO, Vanderlei Salvador. **Laser: suas aplicações em Ciências e Tecnologias**. São Paulo: Livraria da Física, 1ª ed. 2010.
- BALTHAZAR, Wagner Franklin; OLIVEIRA, Alexandre Lopes de. **Partículas elementares no ensino médio: uma abordagem a partir do LHC**. Rio de Janeiro: Livraria da Física, 1ª ed, 2010.
- BEN-DOV, Yoav. **Convite a física**.1ªed. Rio de Janeiro. Zalor. 1996.
- BASSALO, José Maria Filiardo; CARUSO, Francisco. **Dirac**. São Paulo: 1ed, Livraria da Física, 2013.
- BUNZEM, Débora Lopes. *et.al.* **Eficácia da cirurgia endoscópica nasal nos sintomas da rinossinusite crônica associada ou não à polipose**. Disponível em: Rev. Bras. Otorrinolaringol. vol.72 no.2 SãoPaulo Mar./Apr. 2006.[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S003472992006000200015&script=sci\\_arttext&tIng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S003472992006000200015&script=sci_arttext&tIng=pt). Acesso em: 12 de ago. 2020.
- BRASIL, **Orientações Educacionais complementares Parâmetros Curriculares Nacionais PCN +: Física**. 2006. p.46.

BRASIL. **Secretaria de Educação Média e Tecnológica Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da natureza Matemática e suas tecnologias.** Brasília: PCNEM, 2002. p.229-230.

BRASIL. PCN+ Ensino Médio: **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: Ministério da Educação Média e Tecnológica, 2009. p.235.

BRASIL, **Base Nacional Comum Curricular (BNCC).** Disponível em <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wpcontent/uploads/2018/02/bncc-20dez-site.pdf>. Acesso em: 23 de ago. 2020. p.537.

BROCANELLI, Roberto Cláudio. **Matthew Lipman: educação para o pensar filosófico na infância.** Rio de Janeiro: 1ªed. Vozes, 2010.

CAMARGO, Fausto. DARO, Thuinie. **A sala de aula inovadora estratégias pedagógicas para fornecer o aprendizado ativo.** Porto Alegre: Penso, 2018.

CARDOSO, Stenio Octávio de Oliveira e DICKMAN, Adriana Gome. **Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico.** Disponível em: Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 2: p. 891-934, out. 2012. Acesso em: 02 de dez. 2019.

CASTILHO, Maria Inês. RICCI, Trieste Freire. **O uso de animações como elemento motivador de aprendizagem.** Disponível em: Experiências em Ensino de Ciências, V1(2), pp. 10-17, 2006. Acesso em: 05 de dez. 2019.

CAPECCHI, **Maria Candida Varone de Moraes. Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula.** São Paulo: 1ed. Cengage Learning, 2019.

CERQUEIRA, Franckin E. M. **Ensino Interativo de física: Atividades experimentais para ensinar física.** Iraúna – MG: Laboratórios educacionais Franckin, 2004, p.193. p.3.

COSTA, J. J.S. da. **A educação segundo Paulo Freire: Uma primeira análise filosófica.** Disponível em: <http://www.theoria> Revista Eletrônica de Filosofia Faculdade Católica de Pouso Alegre. Vol. VII, n. 18. 2015.

CRUZ, Sonia Maria S. C. De S. **Aprendizagem centrada em eventos: uma experiência com enfoque ciência, tecnologia e sociedade no ensino fundamental.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina (tese de doutorado). 2001. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/81926>. Acesso em: 12 nov. 2020.

- DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André e PERNAMBUCO, Maria Marta. **Ensino de Ciências Fundamentos e Métodos**. São Paulo. 5ed: Cortez, 2018. p.14.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1990.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: [s.n.], 1992. p. 29.
- FERREIRA, MARCELLO e OLAVO, L.S.F. **Teorias da Aprendizagem e da Educação como Referências em Práticas de Ensino: AUSUBEL E LIPMAN**. Disponível em: Revista do Professor de Física. Brasília, vol. 2, n. 2. 2018.< <http://www.periodicos.unb.br> >. Acesso em: 25 de janeiro 2020.
- FEYNMAN, Richard P. **Lições de física de Feynman**. Porto Alegre: Bookman, 2019.
- FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. **Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas**. Disponível em: Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, nº. 3, Setembro, 2003. Acesso em: 09 de jan. 2020. p.259.
- GALANTE, Carlos Eduardo da Silva. **O uso de mapas conceituais e de mapas mentais como ferramentas pedagógicas no contexto educacional do ensino superior**. Disponível em: [https://www.inesul.edu.br/revista/arquivos/arq-idvol\\_28\\_1389979097.pdf](https://www.inesul.edu.br/revista/arquivos/arq-idvol_28_1389979097.pdf), 2013. Acesso em: 12 de jan. 2020.
- GASPAR, Alberto. Volume único. In: \_\_\_\_\_. **O que é física**. São Paulo: Ática, 2005. cap. 1, p. 3 – 15.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: 6 ed. Atlas, 2008.
- GONÇALVES, Leila; VEIT, Eliane A; SILVEIRA, Fernando L. **Textos, animações e vídeos para o ensino-aprendizagem de física térmica no ensinomédio**. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/621/000558274.pdf>, 2006. Acesso em: 27 de jan. 2020.
- GRECA, Ileana Maria; MOREIRA, Marco Antonio; HERSCOVITZ, Victoria E. **Uma Proposta para o Ensino de Mecânica Quântica**. Disponível em: Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 23, no. 4, Dezembro, 2001. Acesso em: 13 de jan. 2020.
- EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica**. 1º. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 1979.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: Saberes necessários á pratica educativa. Não há docência sem discência**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- FREIRE, Paulo. **Extensão ou comunicação?** Rio Janeiro: 7 ed. Paz e Terra, 1983.
- HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. In: \_\_\_\_\_. Mecânica. Porto Alegre: Bookman, 2011. cap. 2, p. 44 – 91.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/sapucaia/panorama>. Acesso em: 13 de jan. 2020.

JUNIOR, Gabriel Dias de Carvalho. **Aula de Física do Planejamento à Avaliação**. 1ed. São Paulo. Livraria da Física. 2011. p.121.

KAWAMURA, Maria Regina Dubeux; HOSOUME, Yassuko. **A contribuição da física para o ensino médio**. Disponível em: Física na Escola, v. 4, n. 2, 2003. Acesso em: 23 de jan. 2020.

LIBÂNEO, J.C. **Educação Escolar: políticas, estrutura e organização**. São Paulo: Cortez, 2013.

LIMA, Mateus Gomes. **Controle magneto-ótico da emissão espontânea de dois fótons na presença de grafeno**. Rio de Janeiro. 2018.

KLEPPNER, Daniel. **Relendo Einstein sobre radiação**. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S180611172005000100009&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S180611172005000100009&lng=en&nrm=iso&tlng=pt), Revista Brasileira de Ensino de Física. 2005. Acesso em: 13 de jan. 2020.

GRIFFITHS, David J. **Mecânica Quântica**. São Paulo: Pearson, 2ª ed, 2011

LOPES, José Leite. **Uma história da física no Brasil**. São Paulo. 1ª ed. Livraria da física. 2004.

MAGALHÃES, Monica G. Menezes et al. **Utilizando Tecnologia Computacional na Análise Quantitativa de Movimentos: Uma Atividade para Alunos do Ensino Médio**. Disponível em: Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, no. 2, Junho, 2002. Acesso em: 23 de jan. 2020.

MARTINS. Jorge Simões de Sá. **Capítulo 5: Os níveis de energia atômicos**. Disponível em: youtube/ física moderna UFF 23/05/2011. Acesso em 20 de abr. 2020. 25 minutos.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide Farias de. **Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física**. Disponível em: Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 24, p. 77-86, Junho 2002. Acesso em: 23 de jan. 2020. p.48.

MEDEIROS, A. P. A.; ARAÚJO, S. K. **O Uso de Ferramentas Tecnológicas na Sala de Aula**. XX EGEORN – Encontro estadual de Geografia. 2013. Disponível em: <http://arquivos.inf.ufrn.br>. Acesso em: 14 nov. 2020.

- MENEZES, Luis Carlos de. **A matéria uma aventura do espírito: fundamentos e fronteiras do conhecimento físico**. 1ª. ed. São Paulo. Livraria da Física. 2005.
- MENESES, Luis Carlos de. **LDB Uma nova física para o ensino médio**. Disponível em: Física na Escola, Física para o Ensino Médio v. 1, n. 1, 2000. Acesso em 17/02/2020.
- MOREIRA, Marcos Antônio. **Organizadores prévios e aprendizagem significativa**. Disponível em: Revista Chilena de Educación Científica, ISSN 0717-9618, Vol. 7, Nº. 2, 2008 , pp. 23-30. Revisado em 2012. Acesso em: 13 de mai. 2020.
- MOREIRA, Marcos Antônio; MASSONI, Neusa Teresinha. **Interfaces entre teorias de aprendizagem e ensino de ciências/física**. Disponível em: [https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/tapf\\_v26\\_n6.2015.pdf](https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/tapf_v26_n6.2015.pdf). Acesso em: 11 de fev. 2020.
- MOREIRA, Marcos Antônio. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS**. Disponível em: Aprendizagem Significativa em Revista. Meaningful Learning Review, v. 1, n. 2, 2011. Acesso em 17 de fev. 2020.
- MOREIRA, Marcos Antônio. **Teorias da Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.
- MOREIRA, Marcos Antônio. **Orientações sobre o Currículo**. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/orientacoes-sobre-o-curriculo>. 2015. Acesso em: 17 de fev. 2020.
- MOREIRA, Marcos Antônio. **Física de partículas: uma abordagem conceitual e epistemológica**. São Paulo. ed. Livraria da Física, 2011. p.4.
- MOREIRA, Marcos Antônio. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro editora, 2010.
- MOREIRA, Marcos Antônio. **Aprendizagem significativa crítica**. Moreira.if.ufrgs. 2000.
- MORAN, José Manuel; MASSETTO, Marcos T; BEHRENS, Marilda Aparecida. **Novas tecnologias e mediações pedagógicas**. São Paulo: 21ª ed Papyrus, 2000.
- MORAN, José. **Metodologias Ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre:1ª ed. Penso. 2018, p.4. orag.
- NUSSENZVEUG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica**. 4ed. São Paulo: Edgard Blucher. 2002.
- PINTO, Alexandre Custódio; ZANETIC, João. **É possível levar a física quântica para o ensino médio**. Instituto de Física–USP. 1999. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6873/6333>. Acesso em: 11 de fev. 2020.

- PELIZZARI, Adriana, *et.al.* **Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel.** Disponível em: Rev. PEC, Curitiba, v.2, n.1, p.37-42, jul. 2001-jul. 2002. Acesso em: 17 nov. 2020.
- ROSA, Cleci Teresinha Werner da; ROSA, Álvaro Becker da. **A teoria histórico-cultural e o ensino da física.** Revista Iberoamericana de Educación, v. 34, n.3, 2004. p.8.
- ROSA, Cleci Teresinha Werner da; TREINTIN, Marco Antonio Sandini e BIAZUS, Marivane de Oliveira. Disponível em: **Tecnologias Educacionais no ensino de física: Retrato das pesquisas nacionais.** Revista Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista Vol. 7, n. 2. jul./dez.p.30. 2017. Acesso em: 17 de fev. 2020.
- ROSA, Cleci Teresinha Werner da. **Metacognição no ensino de física: da concepção à aplicação.** 1ªed.Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2014. Disponível em: [www.upf.br/editora](http://www.upf.br/editora). Acesso em: 17 de fev. 2020.
- ROONEY, Anne. **A história da física.** 1ªed. São Paulo. M. Booxs do Brasil. 2013.
- SOARES, Antônio Augusto; MORAIS, Letícia Estevão. Disponível em: **Ensino de matéria e radiação no ensino médio com o auxílio de simuladores interativos.** Soares. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 32, n. 3, p. 915-933, dez. 2015. Acesso em: 11 de fev. 2020.
- SOARES, Thales Costa; JR BELICH, Humberto; NETO HELAYEL, José Abdalla. **Física de partículas vistas pelas interações fundamentais e formação de professores.** 1ed. São Paulo. Livraria da Física. 2018.
- STUDART, Nelson. **Inovando a Ensino de Física com Metodologias Ativas.** Revista do Professor de Física. Brasília, vol. 3, n. 3, p.1-24. 2019.Disponível em:< <http://www.periodicos.unb.br> >. Acesso em: 25 de jan. 2020.
- OSTERMANN, F.; FERREIRA, L. M.; CAVALCANTI, C. J. H. **Tópicos de Física Contemporânea no Ensino Médio: um Texto para Professores sobre Supercondutividade.** Disponível em: Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 270-288, Setembro 1997. Acesso em: 17/02/2020.
- OSTERMANN, Fernanda; RICCI, Trieste F. **Relatividade restrita no ensino médio: contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de física.** Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6620/6118>. Porto Alegre. Cad. Brás. Ens. Fís., v. 19, n.2: p. 176-190, ago. 2002. Acesso em 13 de ago. 2020.



OSTERMANN, Fernanda. MOREIRA, Marcos Antônio. **Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores.** Disponível em: Cad.Cat.Ens.Fís., v. 18, n. 2: p. 135-151, ago. 2001. Acesso em: 17 de fev. 2020.

OLIVEIRA, Ivan. S. **Física moderna: para iniciados, interassados e aficionados.** 2ªed. São Paulo. Livraria da física. 2010.

TIPLER, Paul A; LLEWELLYN, RALPH, A **Física Moderna.**6ª ed. Rio de Janeiro. LCT, 2017.

VALADARES, Eduardo de Campos; MOREIRA, Alysso Magalhães. **Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro.** Disponível em: Caderno Catarinense de Ensino de Física, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 121-135, Agosto 1998. Acesso em: 17 de fev. 2020.

VALENTE, José Armando. **Ensino Híbrido: personalização e tecnologia na educação.** Porto Alegre. ed: Penso, 2017.

PEREIRA, Fernando de Candido. **Uma Breve História da Física Moderna e Contemporânea.** 22 set. 2015.

PAIS, Abraham. **“Sutil é o Senhor”... A ciência e a vida de Albert Einstein.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira 2ed, 1995.

PEREZ, Silvana. *et al.* Disponível em: [www.scielo.br/rbef](http://www.scielo.br/rbef). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 40, nº 1, e1503. 2017. Acesso em 13 de jan. 2020.

PIRES, Antônio. S. T. **Evoluções das ideias da física.** 2ª ed. São Paulo. Livraria da física. 2011.

ZACHARIA, Z. C.; ANDERSON, R. **The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics.** American Journal of Physics, New York, v. 71, n. 6, p. 519-640, 2003.

ZILIO, Sérgio Carlos. **Óptica Moderna.** Disponível em: <http://www.fotonica.ifsc.usp.br/ebook/book1/Optica-Moderna.pdf>.2009. Acesso em 13 de jan. 2020.

## Apêndices

Apêndice A: Produto Educacional

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



**PRODUTO EDUCACIONAL**



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS-ICE  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF

MATERIAL DE APOIO PARA O PROFESSOR DE FÍSICA

Produto Educacional Vinculado à Dissertação de Mestrado: Ensino e aprendizagem dos conceitos de Absorção, Emissão Espontânea e Emissão Estimulada de Radiação, através de Objetos Digitais de Aprendizagem.

Luciana da Cruz Barros  
Mateus Gomes Lima

## Sumário

1. Apresentação
2. Plano da Intervenção Didática
3. Apêndice B: Trabalhos Submetidos com a Temática
4. Referências Bibliográficas

## **Apresentação**

Caros professores e estudantes da educação básica, este roteiro de sequência didática tem por objetivo contribuir com os saberes e práticas acerca do entendimento sobre o tema: **Interação de Radiação com a Matéria: Absorção, Emissão Espontânea e Emissão Estimulada.**

Roteiro que também tem como objetivo a sistematização de propostas educacionais, para a inclusão dos estudantes, no que tange a inserção de Objetos Digitais de Aprendizagem (ODA), produzidos por meio das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), que serão empregados de forma conjunta com estratégias pedagógicas-metodológicas.

Neste sentido, a sequência didática começa com indagações para levantar questões e posicionamentos acerca de entendimentos de como seria representado determinados fenômenos físicos na natureza. Dessa forma, seu propósito é auxiliar na provocação de discussões sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) na educação básica.

Em suma, o ensino não segue um único paradigma específico, e sim a combinação de várias técnicas, práticas, ferramentas computacionais, exercícios e entre outros. Assim, para que ocorra uma aprendizagem significativa num contexto digital, não basta somente os recursos tecnológicos. Mas, também estratégias pedagógicas-metodológicas, principalmente para a pretensão da construção de conhecimentos voltados para o ensino da Física.

## 2. Plano da Intervenção Didática

Escola

Disciplina: Física

Professor (a):

Ano/ Série: 9º ano e 3º Ano

Duração da aula: 45 min

Número de aula: 3

Modelo: Metodologias Ativas/Ensino Híbrido-Sala de Invertida e os Três Momentos Pedagógicos

**Tema:** Interação de Radiação com a Matéria: Absorção e Emissão Espontânea e Emissão Estimulada.

### Descrição

O mundo que nos cerca é repleto de fenômenos complexos, problemas e curiosidades que despertam a atenção de todos. E que a Ciência, em especial a Física, é uma das formas pelas quais os cientistas formulam explicações, fazem previsões, relacionam causa e efeito, para planejar melhor a vivência em comunidade.

Nesse sentido, destaca-se nesta sequência didática alguns recursos tecnológicos empregados, como estratégias de ensino associadas a metodologias e teorias de aprendizagem e/ou educação, os softwares Blender, CmapTools, Scratch e a plataforma virtual Gsuíte. Recursos responsáveis por produzirem os Objetos Digitais de Aprendizagem (ODA), como:

- ❖ Hipertexto: agrupamento de muitas informações em um único lugar;
- ❖ Mapas conceituais e mentais: muito bem empregados para revisão e fixação dos assuntos abordados;
- ❖ Animações: empregadas para introduzir os conceitos necessários ao entendimento de alguns fenômenos;
- ❖ Simulação Computacional: utilizadas principalmente para que os estudantes possam variar parâmetros de determinada grandeza;
- ❖ Site acadêmico: recurso de suma importância para organização dos assuntos a serem inseridos aos estudantes.

## **Competências Específicas de Ciências da Natureza para o Ensino Fundamental**

2. Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas, socioambientais e do mundo do trabalho, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva;
3. Analisar, compreender e explicar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural, social e tecnológico (incluindo o digital), como também as relações que se estabelecem entre eles, exercitando a curiosidade para fazer perguntas, buscar respostas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das Ciências da Natureza;
4. Avaliar aplicações e implicações políticas, socioambientais e culturais da ciência e de suas tecnologias para propor alternativas aos desafios do mundo contemporâneo, incluindo aqueles relativos ao mundo do trabalho.

### **Habilidades e Competências da BNCC**

(EF69LP09) - Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC);

(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais;

(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica;

(EF09CI07) Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no



tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).

## **Objetivos:**

### **Geral**

O principal objetivo deste trabalho é contribuir para melhoria da qualidade do ensino e aprendizagem, ministrado em sala de aula, seja ela presencial e/ou virtual na educação básica. Integrando as TIC, a uma sequência didática, para facilitar o trabalho do docente com recursos tecnológicos, que acrescente mais e mais, em práticas pedagógicas-metodológicas, na compreensão dos assuntos a serem assimilados pelos estudantes no seu dia-a-dia.

### **Específicos**

- Abordar os conteúdos de interação da radiação com a matéria, mas especificamente a absorção, emissão espontânea e emissão estimulada em um sistema de dois níveis (átomo e/ou moléculas);
- Demonstrar os conceitos básicos sobre a dualidade-onda partícula, salto quântico, frequência, ondas eletromagnéticas, fótons, sistema de dois níveis, de absorção, emissão espontânea e emissão estimulada,
- Apresentar a fórmula matemática  $E=h.f$ ;
- Ressaltar a importância desses conceitos quando abordados na teoria e na prática, com o auxílio dos ODA, produzidos por meio das TCI.

## Resumo da implementação da sequência didática através do site educativo

| Momentos Pedagógicos <sup>30</sup> | Atividades   |
|------------------------------------|--|
| <b>1º Momento Pedagógico:</b>      | <b>Apresentação do site educativo e realização de atividades:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Questionário objetivo prévio com 20 questões;</li> <li>- Diálogo entre os alunos e professor sobre o tema, buscando uma problematização e geração de questionamentos;</li> <li>- Apresentação de vídeos curtos que exploram conceitos e aplicações, ligados com a temática abordada;</li> <li>- Animação interativa no <i>Scratch</i>;</li> <li>- Questionário discursivo exploratório com 04 questões.</li> </ul>  |
| <b>2º Momento Pedagógico:</b>      | <b>Aula expositiva virtual sobre o tema:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interação da Radiação com a matéria: Absorção, Emissão Espontânea e Emissão Estimulada de Energia;</li> <li>- Hipertexto;</li> <li>- Questionário misto (discursivo e objetivo) conceitual com 08 questões.</li> </ul> <b>Atividades no site educativo e simulador computacional: Interação Rad&amp;Mat:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Questionário discursivo sobre os processos radiativos apresentados, com 02 questões;</li> <li>- Questionário discursivo sobre aplicações tecnológicas, com 06 questões.</li> </ul> |
| <b>3º Momento Pedagógico:</b>      | <b>Atividades no site educativo:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Questionário discursivo para o preenchimento do mapa conceitual e dos mapas mentais, com 03 questões;</li> <li>- Questionário misto para avaliar as atividades desenvolvidas, com 10 questões.</li> </ul>  |

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

### Apresentação do site educativo e realização das atividades do 1º Momento Pedagógico:

**Este 1º Momento Pedagógico será dividido em duas partes.**

- **Na primeira parte:** Será iniciada por meio de diálogos, com o intuito de gerar questionamentos a respeito da temática: Interação da Radiação com a Matéria: Absorção, Emissão Espontânea e Estimulada de Energia para verificação dos conhecimentos prévios dos estudantes, na busca dos subsunçores conforme a teoria de Ausubel. Para então disponibilizar o link do site educativo<sup>31</sup>, navegar por suas abas, para assim aplicar o questionário prévio Pré-ODA<sup>32</sup> na busca da verificação dos conhecimentos prévios dos estudantes.

<sup>30</sup> Dissertação de Mestrado: Vale ressaltar que estes sites têm algumas limitações, como por exemplo serem acessados por e-mail institucionais. Ou seja, para ter acesso a eles por enquanto somente por e-mail de contas pessoais.

<sup>31</sup> Disponível em: <https://sites.google.com/view/produto-educacional/atividades-em-andamento/terceiro-momento-pedag%C3%B3gico?authuser=0>

<sup>32</sup> Questionário disponível em: <https://forms.gle/XfxQB3FzsgzrRBd89>

## Descrição do Site Acadêmico

Para estes três momentos dentro do site acadêmico, os estudantes terão os mais variados recursos, como o hipertexto, os vídeos disponíveis no Youtube, sites onde poderão verificar, outras simulações, semelhantes ao tema escolhido para a construção do aprendizado. Contém, também, os questionários, que servirão para averiguação dos seus conhecimentos.

Assim, que o estudante acessar o site acadêmico ele poderá navegar nas abas ao clicar em:

- **Atividades em andamento** (figura 01), que está dividida em:
  - Primeiro Momento Pedagógico (figura 02 e 03),
  - Segundo Momento Pedagógico (figuras 04 e 05),
  - Terceiro Momento Pedagógico (figura 06).

Figura 01- Página Inicial



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

**Figura 02:** Atividades em Andamento/Três Momentos Pedagógicos



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

**Figura 04:** Primeiro Momento Pedagógico



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

**Figura 05:** Segundo Momento Pedagógico



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Figura 06: Terceiro Momento Pedagógico

The screenshot shows a website interface for 'Professora Luciana'. The main heading is '3º Momento Pedagógico'. A navigation menu on the right lists 'Primeiro Momento Pedag...', 'Segundo Momento Peda...', and 'Terceiro Momento Peda...'. The main content area includes a section titled 'Que tal testar seu conhecimento???' with the text 'Caro Estudante este será o momento de colocar em prática o que foi trabalhado.' and a red asterisk indicating it is mandatory. Below this is a section '1ª Parte:' with the text 'Para isso, vamos utilizar a teoria de Aprendizagem Significativa/Ausubel, com o auxílio das TICs:'. At the bottom, there is a section 'Mapa Conceitual da Radiação com a Matéria:' followed by three colored boxes labeled '???' (green, grey, and yellow). A footer at the bottom left shows a URL: 'sites.google.com/u/0/d/1FRlKcQbOHD7D22cpQ838DIX6QEvOa6f\_/p/.../preview?...' and the text 'nesse processo os'.

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

### Questionários Prévio Objetos Digitais de Aprendizagem (ODA)

Caro estudante, este é um questionário sobre alguns conceitos da disciplina de Física que faz parte de uma pesquisa para uma dissertação de mestrado no ensino de Física com o tema: Ensino e aprendizagem dos conceitos de Absorção, Emissão Espontânea e Emissão Estimulada de Radiação, através de Objetos Digitais de Aprendizagem. Por isso, é muito importante que você responda todas as questões abaixo. Não tenha medo de responde-las, pois, as mesmas têm a finalidade de identificar o que você sabe sobre o assunto que será abordado futuramente.

Nome da Instituição de Ensino:

Nome:

Turma:

Marque a alternativa que você considere adequada. Você já leu em jornais, revistas e livros ou ouviu sobre:

| Questões  | Sim | Um Pouco | Nunca |
|---|-----|----------|-------|
| 1- Átomo  | ( ) | ( )      | ( )   |
| 2- Os elétron, prótons e nêutrons partícula que fazem parte do átomo  | ( ) | ( )      | ( )   |
| 3- Modelo Atômico de Bohr   | ( ) | ( )      | ( )   |
| 4- Albert Einstein  | ( ) | ( )      | ( )   |
| 5- Física Quântica  | ( ) | ( )      | ( )   |
| 6- Energia  | ( ) | ( )      | ( )   |
| 7- Frequência   | ( ) | ( )      | ( )   |
| 8- Você sabe quais são as cores que estão presente no arco-íris?      | ( ) | ( )      | ( )   |
| 9- Fóton  | ( ) | ( )      | ( )   |
| 10- LASER   | ( ) | ( )      | ( )   |
| 11- LED   | ( ) | ( )      | ( )   |
| 12- Absorção de Energia   | ( ) | ( )      | ( )   |
| 13- Emissão Espontânea de Energia                                     | ( ) | ( )      | ( )   |
| 14- Emissão Estimulada de Energia                                     | ( ) | ( )      | ( )   |
| 15- Luminescência   | ( ) | ( )      | ( )   |
| 16- Fosforescia   | ( ) | ( )      | ( )   |
| 17- Fluorescência   | ( ) | ( )      | ( )   |
| 18- Vagalumes e algas marinhas que 'a luz emitida por eles' no escuro | ( ) | ( )      | ( )   |
| 19- Aplicações tecnológicas do LASER é usado                          | ( ) | ( )      | ( )   |
| 20- Aplicações tecnológicas do LED                                    | ( ) | ( )      | ( )   |

➤ **Na segunda parte:**

Assim que eles preencherem o questionário será o momento para receber as instruções necessárias para a execução da **Animação do Scratch**<sup>33</sup>. Os estudantes devem acompanhar o diálogo entre o personagem (a menina) e os cenários, que deverão mudar com o passar das perguntas e respostas, que tem como objetivo a interação. Dessa forma, o diálogo prosseguirá com a duração de 10 minutos. Logo em seguida o questionário: **Pesquisando sobre o Diálogo da Animação**<sup>34</sup> que foi apresentado na Animação do Scratch, com quatro perguntas, será aplicado de forma síncrona e/ou assíncrona.

---

<sup>33</sup> Animação disponível em: <https://scratch.mit.edu/projects/487437130/>

<sup>34</sup> Questionário disponível em: <https://forms.gle/LBVafUFbuyLErks5>



**Questionário: Diálogo sobre o contexto.**

Você é estudante do Ensino Fundamental ou Médio? Qual o seu nome?

---

1) Essa parte da Física estuda os fenômenos que envolvem a interação dos fótons com a matéria, nesse caso os elétrons. A propósito você sabe o que são os fótons, os elétrons, os átomos ou a matéria? Você sabe? Se não sabe, então vamos fazer uma pesquisa sobre esses 4 temas: Fótons, Elétrons, Matéria, Átomo:

2) Vamos conhecer um físico muito importante do século passado que foi responsável para a construção dos conceitos que serão tratados daqui a pouco? Você sabe quem é esse cientista? Outra tarefa: faça uma pequena pesquisa sobre a vida e obra desse gênio! Combinados, você vai descobrir o quanto ele foi? Espero que você complete essa frase! Certo!

3) Primeiramente você sabe o que significa ABSORVER ou EMITIR ???Faça uma pesquisa sobre os seguintes temas:

- a) Absorção de radiação?
- b) Emissão Espontânea de radiação?
- c) Emissão Estimulada de radiação?

4) Você sabe os nomes dos primeiros cientistas responsáveis pelas criações do LASER ou LED?

### Apresentação do *síte* educativo e realização das atividades do 2º Momento Pedagógico:

**Este 2º Momento Pedagógico será dividido em duas partes.**

**Na primeira parte:** Será iniciada por meio de uma aula expositiva com apresentação de slides<sup>35</sup>, a respeito da temática envolvendo a Interação da Radiação com a Matéria, para explorar os subsunçores que serão apresentados pelos estudantes nos questionários realizados no primeiro momento pedagógico e também, as dúvidas e/ou equívocos que são gerados durante a realização das atividades anteriores. Logo em seguida será disponibilizado o link do Hipertexto<sup>36</sup> para ser usado como auxiliar a compreensão dos estudantes sobre os assuntos explorados nos *slides*, pelo fato deste hipertexto concentrar *links* dos tópicos selecionados em um mesmo ambiente, com informações coerentes para serem utilizadas durante as atividades, potencializando o material a ser estudado, como é proposto na teoria de Ausubel<sup>37</sup>, para só então inserir o primeiro questionário: Explorando a Interação da Radiação com a Matéria (Parte 1 - Conceitos Iniciais)<sup>38</sup>;

**Hipertexto: [Tópicos de Física Moderna e Contemporânea](#)**

---

<sup>35</sup> Slides em pdf disponível em: <http://gg.gg/wwsms>

<sup>36</sup> Hipertexto Disponível em: <http://gg.gg/wu8hf>

<sup>37</sup> Disponível no capítulo 2 da dissertação:

<https://drive.google.com/drive/folders/1Wv2xng4qIRfBy1LSLOTBBV2ISV3utxC2?usp=sharing>

<sup>38</sup> Questionário disponível em: <https://forms.gle/MHWQerbTmW7iPLka6>

Professora Luciana Barros  
Hipertexto Auxiliar às Atividades Propostas

A compreensão sobre as estruturas básicas da [Matéria](#) e seus mecanismos de interação sempre foram motivos de curiosidade humana e temas de pesquisas em diversas áreas da [Física](#). No entanto, apenas com o surgimento da [Física Quântica](#) no século XX foi possível desvendar alguns dos mistérios escondidos no interior dessas estruturas e interações.

A Física Quântica é uma área do conhecimento cheia de fenômenos “estranhos”, quando comparados aos fenômenos físicos rotineiros do nosso cotidiano. Ao longo do último século, uma série de personagens vívidos - de [Max Planck](#), [Albert Einstein](#) a [Richard Feynman](#), entre outros - contribuíram com “peças no quebra-cabeça” da teoria dos fenômenos quânticos. Graças a essa teoria, hoje sabemos que o [átomo](#) (do grego, “indivisível”), na verdade é constituído de partículas ainda menores: os [elétrons](#), [prótons](#) e [nêutrons](#).

Por meio da Física Quântica, podemos investigar os fenômenos e processos decorrentes da interação entre a [Luz](#) e a Matéria em um [nível quântico](#), como pode ocorrer, por exemplo, na interação entre [fótons](#) e elétrons no interior dos [átomos](#).

Um objeto qualquer pode ser constituído por um número gigantesco de [átomos](#) e, quando fornecemos [energia](#) a esses átomos, através de uma [descarga elétrica](#) ou [calor](#), por exemplo, eles podem absorver parte dessa energia, armazená-la por algum tempo e depois a devolvê-la para o meio ambiente. Nesse processo, os átomos passam de um estado energético inicial de menor energia (**estado fundamental**), para outro de maior energia (**estado excitado**).

A alteração do estado de energia de um átomo, passando de seu estado fundamental para o estado excitado, ocorre por meio do processo de **Absorção** de fótons, pelos elétrons constituintes desse átomo que, ao absorverem os fótons, realizam um [salto quântico](#) entre os níveis de energia atômico, levando o átomo ao seu estado excitado de energia. É importante salientar que os fótons serão absorvidos inicialmente, apenas se possuírem uma [frequência](#) compatível com a frequência de transição entre os níveis de energia atômico.

Há duas maneiras dos átomos excitados retornarem ao seu estado fundamental de energia, devolvendo a energia absorvida inicialmente para o ambiente. Uma delas é através da **Emissão Espontânea** de fótons que não depende

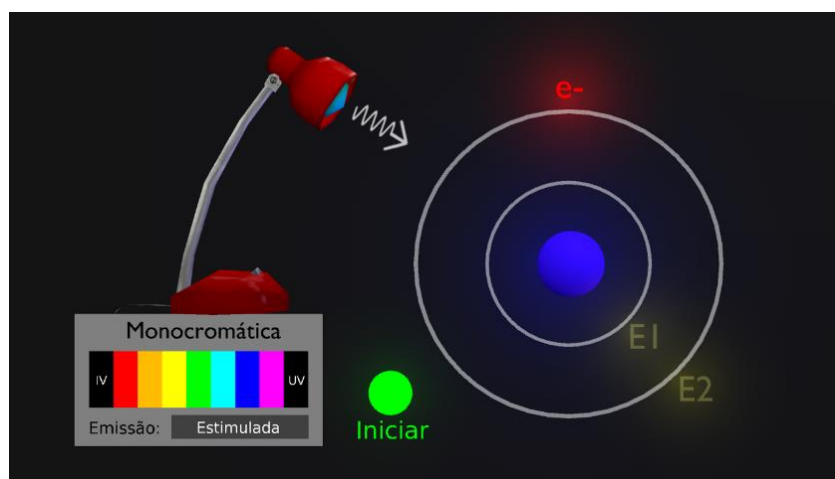
da influência de agentes físicos externos para sua ocorrência. Como o próprio nome sugere, ela ocorre espontaneamente, a qualquer instante após a absorção inicial, com os fótons sendo emitidos em qualquer direção, de forma completamente desordenada e sem nenhum controle. O processo de emissão espontânea de energia é responsável pela maior parte da [radiação eletromagnética](#) que nos cerca, inclusive a parte visível do [espectro eletromagnético](#) emitido por materiais [fluorescentes](#) ou [fosforescentes](#), como: gases em combustão; plantas; algas; insetos bioluminescentes ou pelas estrelas, por exemplo.

A outra maneira de um átomo no estado excitado de energia retornar para o estado fundamental é através da **Emissão Estimulada** de fótons. Como o nome sugere, esse tipo de emissão de energia ocorre devido ao estímulo de um agente físico externo, no caso, outros fótons. O processo de emissão estimulada ocorre quando um fóton encontra um átomo já excitado. Nesse caso, um fóton incidente é absorvido por um elétron que já está num nível de energia superior. No entanto, ao absorver esse fóton, o elétron decai para um nível de energia atômico inferior, enquanto emite dois fótons simultaneamente, ambos com a mesma frequência e direção do fóton incidente. Dessa forma, o átomo volta para seu estado fundamental de energia, ao mesmo tempo em que a intensidade da radiação emitida é aumentada. O processo de emissão estimulada de energia é a base de tecnologias como o [LASER](#) e o [LED](#) que possuem diversas aplicações em nosso cotidiano.

Observação: Este texto é apenas um guia para auxílio no desenvolvimento das atividades propostas durante os encontros virtuais. Os estudantes podem buscar referências sobre o assunto em outras fontes, além das estabelecidas nos hiperlinks.

## Explorando a Interação da Radiação com a Matéria (Parte 1- Conceitos Iniciais)

Observe a imagem abaixo que está disponível no Simulador Computacional Rad&Mat, pois ela o (a) ajudará a compreender conceitos ligados à interação da Radiação com a Matéria:



Nome da Instituição de Ensino:

Nome:

Turma:

1) De acordo com suas pesquisas feitas no primeiro encontro comente sobre sua compreensão dos seguintes conceitos:

Simulação Computacional Rad&Mat:

- a) Átomo:
- b) Elétrons:
- c) Energia:
- d) Frequência
- e) Radiação eletromagnética:
- f) Fótons:
- g) Níveis de Energia ou Camada Eletrônica:
- h) Espectro de Luz (radiação eletromagnética):
- i) Dualidade onda-partícula:

2) Marque qual(is) das alternativas a seguir está(ão) correta(s), quanto ao conceito de Absorção de Energia:

a) ( ) Ato ou efeito de fazer desaparecer ou transformar alguma coisa, incorporando-a ou assimilando-a a outra;

b) ( ) Os átomos absorvem luz, assim como emitem;

c) ( ) Se um fóton de frequência  $f$  (cor) interagir com um átomo e for por ele absorvido, a sua energia é transferida para um dos elétrons e o átomo transita para um estado excitado;

d) ( ) Todas as alternativas acima estão incorretas .

3) Marque qual(is) das alternativas a seguir está(ão) correta(s), quanto ao conceito de Emissão de Energia:

a) ( ) Os átomos podem emitir os fótons de duas maneiras bem específicas, por meio da emissão espontânea e emissão estimulada;

b) ( ) Todo processo que envolva liberação de energia sob forma de ondas ou partículas;

c) ( ) Processo em o envolva a absorção de energia;

d) ( ) Todas as alternativas acima estão incorretas.

4) Baseado nos seus conhecimentos sobre a interação da Radiação com a Matéria no interior dos átomos, responda os questionamentos a seguir:

a) Como ocorre o processo de Absorção de Energia?

b) Como ocorre o processo de Emissão Espontânea de energia:

c) Como ocorre o processo de Emissão Estimulada de energia:

d) Qual(is) a(s) diferença(s) entre os processos de Emissão Espontânea e Emissão Estimulada de Energia?

5) Qual Cientista foi responsável por criar os conceitos de Emissão Estimulada e Espontânea:

6) Assinale a alternativa que, pela ordem, preenche corretamente as lacunas: "De acordo com a teoria formulada em 1900, pelo físico Max Planck, a matéria emite ou absorve energia eletromagnética de maneira \_\_\_\_\_, emitindo ou absorvendo \_\_\_\_\_, cuja energia é proporcional à \_\_\_\_\_ da radiação eletromagnética envolvida nessa troca de energia."

a) ( ) Contínua – quanta – amplitude;

b) ( ) Discreta – fótons – frequência;

c) ( ) Contínua – elétrons – intensidade.

7) Para cada uma das grandezas abaixo, escreva sua respectiva unidade de medida no sistema internacional:

- a) Energia dos fótons:
- b) Frequências:
- c) Constante de Planck  $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ :

Trecho da música Gilberto Gil:

(ITA- 2002). Um trecho da música Quanta, de Gilberto Gil, é reproduzido a seguir:

“Fragmento infinitesimal,  
Quase que apenas mental,  
Quantum granulado no mel,  
Quantum ondulado do sal,  
Mel de urânio, sal de rádio  
Qualquer coisa quase ideal. ”

8) As frases " Quantum granulado do mel" e "Quantum ondulado do sal) relacionam-se na Física com:

- a) ( ) Conservação da energia;
- b) ( ) Dualidade onda-partícula;
- c) ( ) Conservação do momentum linear;
- d) ( ) Conservação do momentum angular.

➤ **Segunda parte:**

Este será o momento para aplicar primeiramente a simulação computacional: **Interação Rad&Mat**<sup>39</sup> com intuito de estimular os estudantes compreenderem sobre os efeitos que ocorrem durante a variação dos parâmetros na execução da simulação computacional. Para isso, eles irão acessar no simulador clicando duas vezes para abrir (se ele estiver instalado no computador), onde os estudantes serão encaminhados para a tela inicial **Menu** (figura 07): Ele terá que seguir as seguintes instruções:

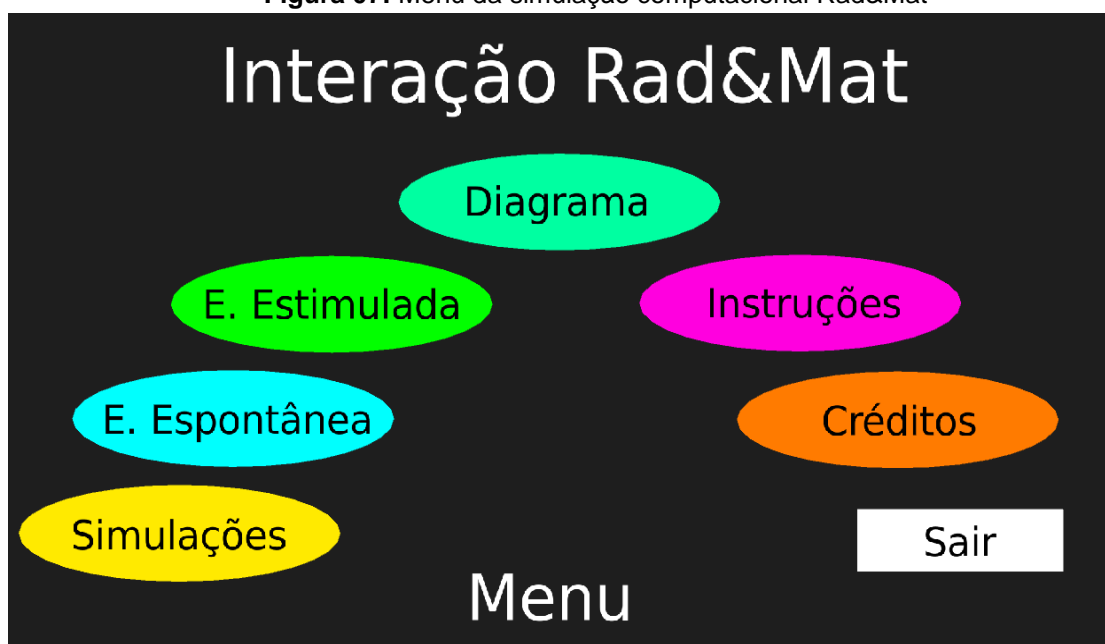
- A Simulação: Interação Rad&Mat clicar no botão simulação, que levará os estudantes a seguinte telas:
- Menu (figura 07);
- Processo de Absorção e Emissão Espontânea e Emissão Estimulada (figura 8);
- Exemplo da Absorção e Emissão Espontânea (figura 9);
- Exemplo da Absorção e Emissão Estimulada (figura 10);
- Diagrama de Fase (figura 11);
- Instruções (figura 12)
- Créditos (figura 13).

---

<sup>39</sup> Simulação Computacional Rad&Mat disponível em:  
<https://drive.google.com/drive/folders/1Wv2xnq4qIRfBy1LSLOTBBV2ISV3utxC2?usp=sharing>

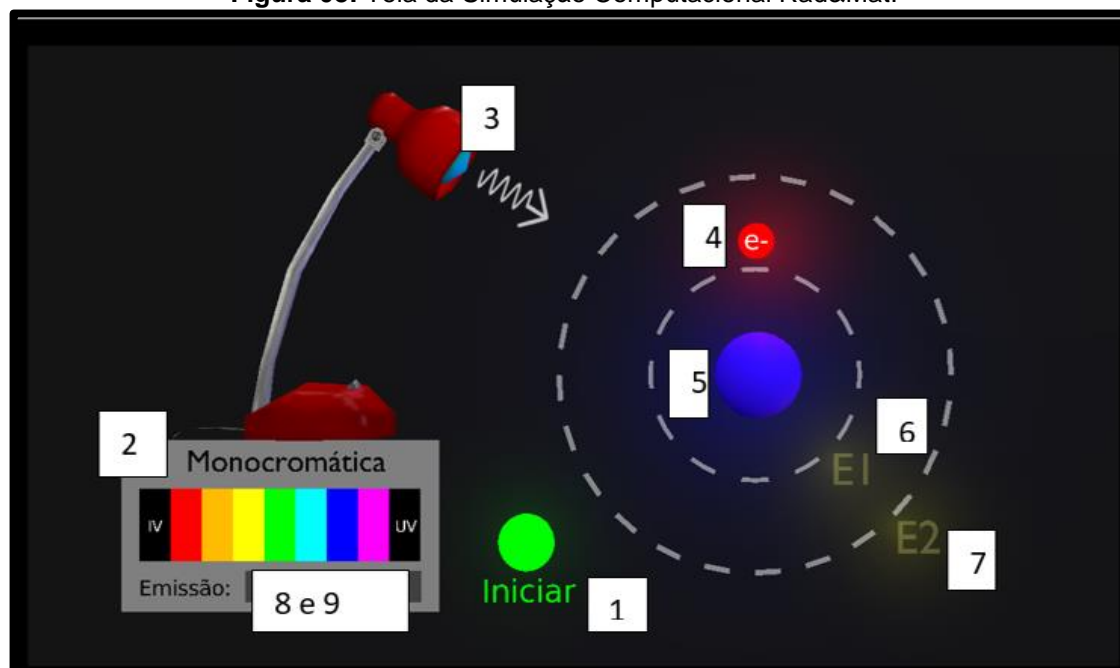


Figura 07: Menu da simulação computacional Rad&Mat



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Figura 08: Tela da Simulação Computacional Rad&Mat.



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

O Painel de Comando da Simulação Computacional Rad&Mat está ilustrado na figura 8, na qual, cada número indica:

1 - Botão iniciar - inicia a simulação;

- 2 - Pannel de luz monocromático - permite a seleção de uma frequência/comprimento de onda pré-estabelecido para a fonte externa de radiação eletromagnética, possuindo valores que vão do Infravermelho (IV), até o Ultravioleta (UV);
- 3 - Fóton - emitido pela fonte emissora de luz (radiação eletromagnética);
- 4 - Elétron - orbitando o núcleo atômico;
- 5 - Núcleo do átomo;
- 6 - Nível de energia  $E_1$  - estado fundamental de energia do átomo;
- 7 - Nível de energia  $E_2$  - estado excitado de energia do átomo;
- 8 e 9 - Botão de seleção - permite a escolha entre os processos de emissão espontânea ou estimulada.

Na imagem 8 o átomo encontra-se, no estado fundamental e recebendo o fóton de luz ( $E = h.f$ ). No instante em que os estudantes, acionaram a tela que ocorrerá a simulação no Blender, eles irão observar as seguintes instruções

**Efeitos:**

Assim, que os estudantes clicarem no botão iniciar, ocorrerá o seguinte efeito, SÓ quando eles fizerem a sobreposição no UV, nas demais cores não ocorrerá nada:

**Para emissão Espontânea:**

1º O elétron, fará um salto quântico, migrando do estado excitado para o estado fundamental. Quando ele chega, no nível excitado, após o processo de absorção, onde ele sai do nível fundamental para o nível excitado, o elétron absorve este fóton ( $E=h.f$ ) ele vai voltar novamente para o nível fundamental. Pois, não irá permanecer lá por muito tempo, logo que esse elétron retorna por causa do campo eletromagnético sem nenhum estímulo externo, ele vai emitir um fóton.

**Para emissão Estimulada:**

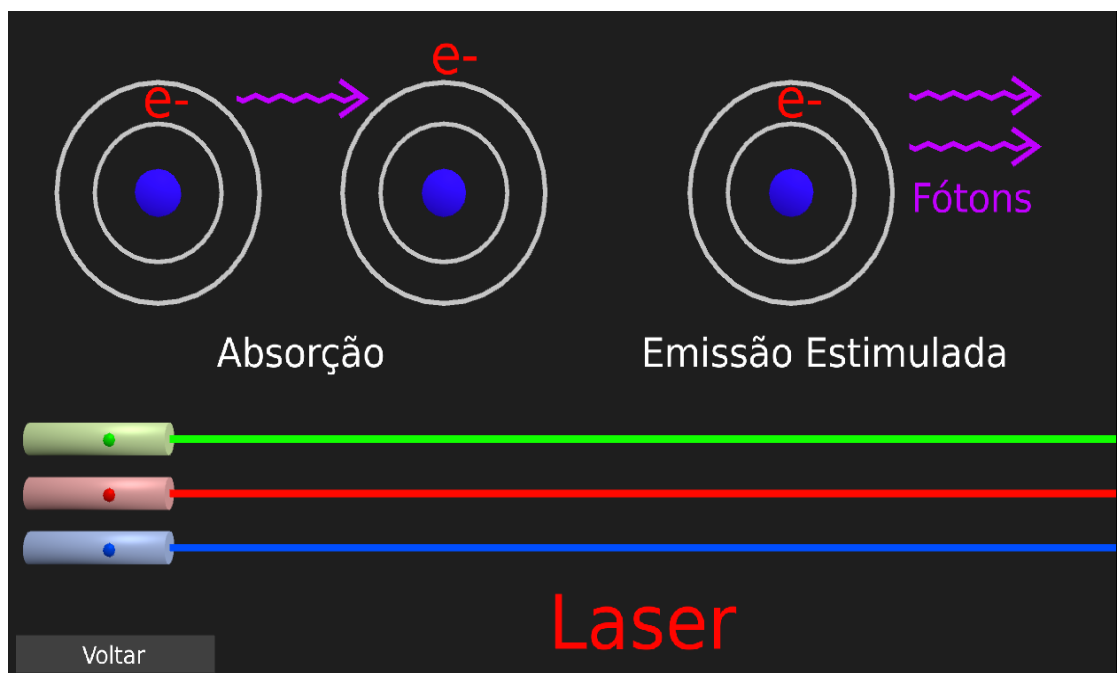
1º O elétron, já no estado excitado, fará um salto quântico, migrando do estado excitado de maior energia para o estado fundamental de menor energia ( $E=h.f$ ). Receberá um estímulo de outro fóton. Pois, não irá permanecer lá por muito tempo, logo que esse elétron retornar, ele vai emitir o fóton, que foi absorvido no processo da absorção, mais o outro fóton da interação que ocorreu no nível excitado, juntos serão emitidos, no retorno do elétron para o nível fundamental.

**Figura 9:** Exemplificando o fenômeno da Absorção e Emissão Espontânea



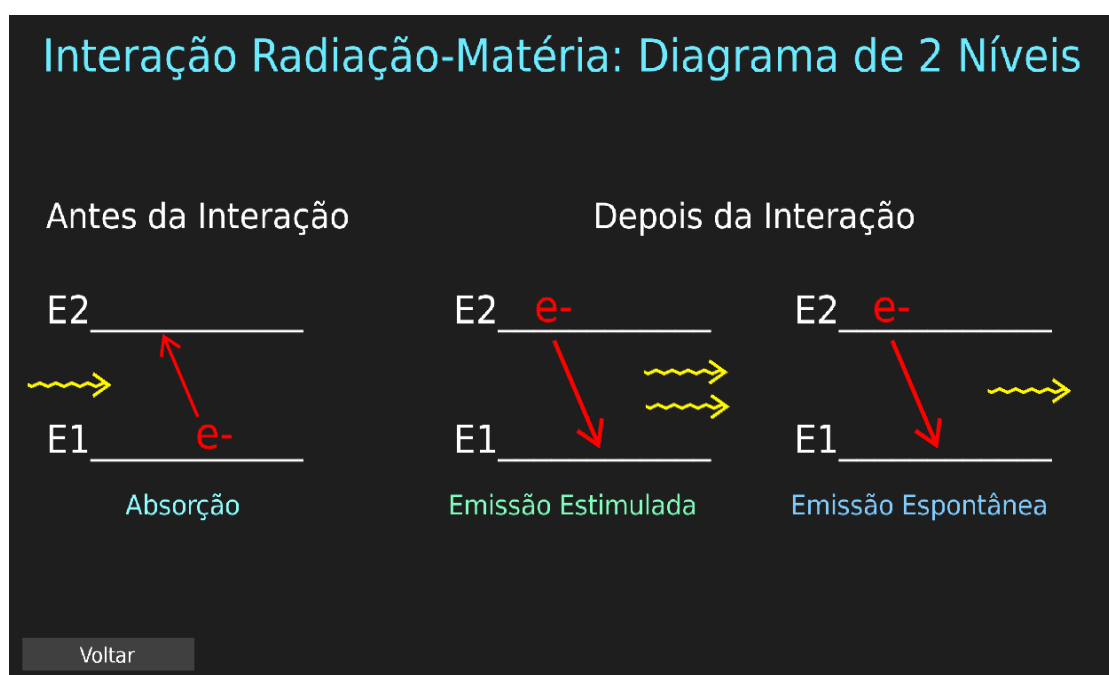
Fonte: Fonte: Elaborada pela autora (2021)

**Figura 10:** Exemplificando o fenômeno de Absorção e Emissão Estimulada



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

**Figura 11:** Diagrama de Fase de dois níveis de energia



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

**Figura 12:** Instruções da simulação computacional Rad&Mat

**Instruções:**

- Entre no modo de 'Simulações'
- Selecione entre os modos de emissão 'Espontânea' e 'Estimulada'
- Clique em 'Iniciar'
- Clique nas cores para emitir fótons

Caso o modo escolhido for de Emissão Espontânea:

- Emita um fóton UV
- Aguarde o elétron emitir o fóton por conta própria

Caso o modo escolhido for de Emissão Estimulada:

- Emita um fóton UV
- Aguarde um momento
- Emita outro fóton UV para o elétron emitir dois fótons

Voltar

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

**Figura 13:** Créditos da simulação computacional Rad&Mat

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Neste segmento, após finalizar-se toda ações envolvendo a Simulação Computacional Rad&Mat será o momento para colocar-se em prática dois questionário, o questionário **Explorando a Interação da Radiação com a Matéria (Parte 2 - Simulador Computacional)**<sup>40</sup> para verificar o aprendizado gerado com a atividade desenvolvida anteriormente. E o questionário: **Explorando a Interação da Radiação com a Matéria (Parte 3 - Aplicações Tecnológicas)**<sup>41</sup> para verificar o que o estudante absorveu com relação ao assunto trabalhado no que diz respeito a aplicabilidade no seu cotidiano.

<sup>40</sup> Questionário disponível em: <https://forms.gle/QL2Q51EEsP6KVN4W9>

<sup>41</sup> Questionário disponível em: <https://forms.gle/eoNgpbPHqfNCscTBA>

## Explorando a Interação da Radiação com a Matéria (parte 2 - Simulador Computacional)

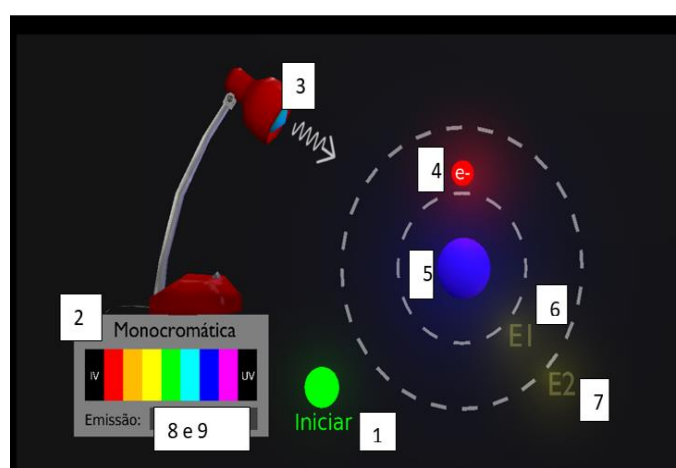
Nome da Instituição de Ensino:

Nome:

Turma:

Agora que você conheceu os conceitos necessários para compreender os três fenômenos: Absorção, Emissão Estimulada de Energia. Vamos observar como estes fenômenos físicos ocorrem no interior de um átomo, utilizando o Simulador Computacional Rad&Mat.

Simulação Computacional Rad&Mat:



Painel de Comando da Simulação Computacional Rad&Mat:

- 1 – Botão Iniciar;
- 2 – Painel de Luz monocromático (fonte de radiação eletromagnética);
- 3 – Lanterna emissora de Luz (radiação eletromagnética);
- 4 – Fóton
- 5 – Elétron;
- 6 – Núcleo do átomo (próton);
- 7 – Nível de Energia  $E_1$  (fundamental) ou camada eletrônica
- 8 – Nível de Energia  $E_2$  (excitado) ou camada eletrônica;
- 9 e 10 – botão para trocar os fenômenos emissão espontânea e estimulada.

1) Após explorar o Simulador Rad&Mat, comente suas observações sobre as condições de ocorrência dos seguintes processos físicos:

a) Absorção e Emissão Espontânea de Energia:

b) Absorção e Emissão Estimulada de Energia:

2) Com base no painel de frequências do simulador computacional Rad&Mat, determine a energia, em joules, associada aos fótons que possuam as seguintes frequências da tabela abaixo, utilizando a equação  $E = h.f$



| Energia dos Fótons                                 | Constante de Planck                   | Frequência ( $f$ )                                  |
|--|---------------------------------------|---|
| $E = h.f$  | $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ | Infravermelho: $f = 3,14 \times 10^{14} \text{ Hz}$ |
|  |                                       | Vermelho: $f = 4,79 \times 10^{14} \text{ Hz}$      |
|  |                                       | Laranja: $f = 5,01 \times 10^{14} \text{ Hz}$       |
|  |                                       | Amarelo: $f = 5,8 \times 10^{14} \text{ Hz}$        |
|  |                                       | Verde: $f = 6,7 \times 10^{14} \text{ Hz}$          |
|  |                                       | Anil: $f = 6,17 \times 10^{14} \text{ Hz}$          |
|  |                                       | Azul: $f = 6,57 \times 10^{14} \text{ Hz}$          |
|  |                                       | Violeta: $f = 7,66 \times 10^{14} \text{ Hz}$       |
| Ultravioleta: $f = 8,31 \times 10^{14} \text{ Hz}$ |                                       |   |

## Explorando a Interação da Radiação com a Matéria (parte 3 - Aplicações Tecnológicas)

Nome \_\_\_\_\_ da \_\_\_\_\_ Instituição \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ Ensino: \_\_\_\_\_

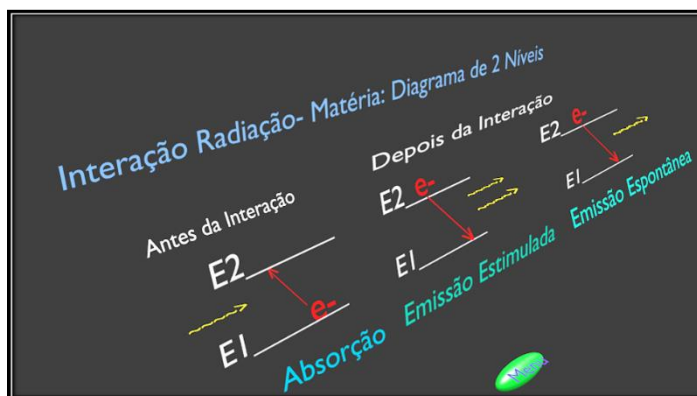
Nome: \_\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_

1) Observe a imagem do diagrama a seguir, disponível no Simulador Computacional Rad&Mat. Nesta imagem são apresentados os processos de Absorção, Emissão Espontânea e Emissão Estimulada de Energia, que ocorrem no interior de um átomo. Você pode perceber que: No processo de Emissão Estimulada ocorre a absorção de um fóton, por um elétron, e, logo em seguida, a emissão de \_\_\_\_\_ fótons. Já no processo de Emissão Espontânea ocorre a absorção e a emissão de \_\_\_\_\_ fóton, por um elétron.

- a) 2 fótons e 1 elétron
- b) 2 fótons e 1 fóton
- c) 2 fótons e 1 fóton

Imagem da Questão 1 - Diagrama de dois níveis de energia: Interação Radiação-Matéria:

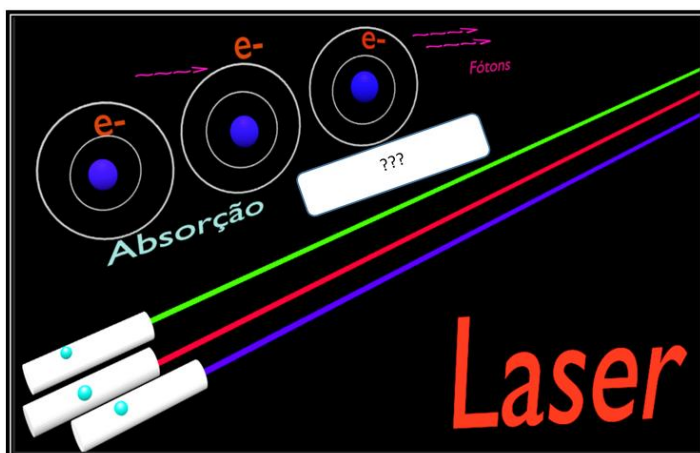


2) Observe a imagem do diagrama a seguir, disponível no Simulador Computacional Rad&Mat. Nesta imagem, encontramos uma representação esquemática do processo de Absorção e \_\_\_\_\_. Escolha uma das palavras na lista suspensa para completar corretamente o espaço acima.

- a) Absorção;
- b) Emissão Espontânea;
- c) Emissão Estimulada.



Imagem da Questão 2 - Simulador Rad&Mat: Ação LASER



3) A imagem a seguir ilustra o fenômeno de Luminescência que é a emissão de luz (fotoemissão) por uma substância, quando esta é submetida a algum tipo de estímulo, como, por exemplo, a incidência de luz (radiação eletromagnética), numa determinada faixa do espectro eletromagnético. Faça uma pesquisa em livros, vídeos, ou sites na Internet e comente com suas palavras, sobre os dois mecanismos de Luminescência (Fluorescência e Fosforescência) que podemos compreender, quando estudamos os processos de Absorção e Emissão Espontânea de energia:

Imagem da Questão 3 - Simulador Rad&Mat: Luminescência



b) Fosforescência:

4) Faça uma pesquisa em livros, vídeos, ou sites na Internet e comente com suas palavras, quais são os princípios e mecanismos de funcionamento dos seguintes equipamentos elétricos:

a) Uma Lâmpada Fluorescente:



---

---

b) Um Apontador LASER:



---

---

c) Uma Lâmpada de LED:



---

---

5) Observe a imagem do mapa mental a seguir, sobre aplicações envolvendo a Emissão Espontânea de energia, na qual aparecem seis imagens menores, sendo: 1ª - Algas Marinhas; 2ª - Vagalumes; 3ª - Adesivos fosforescentes; 4ª - Pulseiras fotoluminescentes usadas em festas; 5ª - Exposição de arcada dentária à luz ultravioleta e 6ª - Colete de proteção fotoreflexível.

Imagem da Questão 5 - Simulador Rad&Mat: Aplicações Envolvendo a Emissão Espontânea de Energia:



Faça uma pesquisa em livros, vídeos, ou sites na Internet e comente com suas palavras, sobre a importância dessas aplicações, envolvendo a Emissão Espontânea, na sociedade moderna e comente se alguma dessas aplicações é relevante no seu cotidiano:

---

---

6) Observe a imagem do mapa mental a seguir, sobre aplicações envolvendo a Emissão Estimulada de energia, na qual aparecem cinco imagens menores, sendo: 1ª - Laser em cirurgias endoscópicas; 2ª - Laser em cirurgias oculares; 3ª - Laser incidindo em uma Fibra Ótica; 4ª - Laser cortando uma placa de metal e 5ª - LEDs.

Imagem da Questão 6 - Simulador Rad&Mat: Aplicações Envolvendo a Emissão Estimulada de Energia



Faça uma pesquisa em livros, vídeos, ou sites na Internet e comente com suas palavras, sobre a importância dessas aplicações, envolvendo a Emissão Estimulada, na sociedade moderna e comente se alguma dessas aplicações é relevante no seu cotidiano:

---



---



---

Para o terceiro momento pedagógico serão trabalhados dois questionários

**Apresentação do *site* educativo e realização das atividades do 3º Momento Pedagógico:**

que terão como objetivo verificar o aprendizado dos estudantes, por meio dos objetos digitais de aprendizagem, confeccionados com uso das TIC, associados às teorias pedagógicas-metodológicas. Assim, primeiramente será usado o questionário: **3º Momento Pedagógico: Aplicação do Conhecimento**<sup>42</sup>, para colocar em prática o que eles compreenderam, sobre os temas inseridos, verificando se o conhecimento assimilado teve mais significado. Por conseguinte, será trabalhado o questionário: **Formulário de Avaliação das Atividades desenvolvidas no decorrer dos três encontros virtuais**<sup>43</sup>, para verificação do entendimento dos estudantes de como tais assuntos são abordados, fora do contexto sala de aula<sup>44</sup>. Ou seja, como os assuntos são tratados no cotidiano deles: na medicina, na indústria, nas telecomunicações e entre outros, para se ter uma perspectiva dentro e fora do contexto escolar.

---

<sup>42</sup> Questionário disponível em: <https://forms.gle/ncxfN5QiLsP2DF1A7>

<sup>43</sup> Questionário disponível em: <https://forms.gle/uY1Vkt4LuagR6cmw6>

<sup>44</sup> Disponível no capítulo 2 da dissertação:

<https://drive.google.com/drive/folders/1Wv2xng4qIRfBy1LSLOTBBV2ISV3utxC2?usp=sharing>

### 3º Momento Pedagógico: Aplicação do Conhecimento

Caro Estudante, chegamos ao 3º Momento Pedagógico, agora é a hora de praticar o que foi trabalhado durante o 1º e 2º Momentos Pedagógicos.

Nome da Instituição de Ensino:

Nome:

Turma:

A compreensão sobre as estruturas básicas da Matéria e seus mecanismos de interação sempre foram motivos de curiosidade humana e temas de pesquisas em diversas áreas da Física. No entanto, apenas com o surgimento da Física Quântica no século XX foi possível desvendar alguns dos mistérios escondidos no interior dessas estruturas e interações.

1) Observe a imagem do Mapa Conceitual a seguir, sobre a interação da Radiação com a Matéria.

Agora, com base nos conteúdos assimilados dos encontros virtuais anteriores, preencha o Mapa Conceitual acima, substituindo cada um dos números com os pontos de interrogação de 1 a 7, por uma das alternativas listadas abaixo:



1- ???

- a) ( ) Absorção;
- b) ( ) Emissão Espontânea;
- c) ( ) Emissão Estimulada.

2- ???

- a) ( ) Absorção;
- b) ( ) Emissão Espontânea;
- c) ( ) Emissão Estimulada.

3- ???

- a) ( ) Absorção;
- b) ( ) Emissão Espontânea;
- c) ( ) Emissão Estimulada.

4- ???

- a) ( ) LED e Algas Marinhas;
- b) ( ) Vagalumes e Fibra óptica;
- c) ( ) Algas Marinhas e Adesivos fosforescentes.

5- ???

- a) ( ) Termodinâmica;
- b) ( ) Eletrodinâmica Quântica;
- c) ( ) Eletricidade.

6- ???

- a) ( ) Isaac Newton;
- b) ( ) Max Planck;
- c) ( ) Albert Einstein.

7- ???

- a) ( ) LED e Algas Marinhas;
- b) ( ) LASER e Coletes de proteção fotoreflexível;
- c) ( ) LASER e Fibra Ótica.

2) Observe a imagem do Mapa Mental a seguir, sobre as aplicações envolvendo a Emissão Espontânea de Energia que foram apresentadas durante os encontros virtuais.

Imagem da Questão 2 - Mapa Mental: Aplicações Envolvendo a Emissão Espontânea de Energia



O Mapa Mental acima contém seis imagens numeradas. Escolha a numeração correspondente a descrição apresentada em cada comando abaixo:

a) Este dispositivo evita acidentes em ambientes de trabalho com pouca visibilidade, ou iluminação inadequada. Ele é muito utilizado por trabalhadores noturnos em rodovias, ou em minas de extração de minério. O texto refere-se a qual alternativa:

- ( ) 1ª – Algas Marinhas
- ( ) 2ª – Vagalumes
- ( ) 3ª - Adesivos fosforescentes
- ( ) 4ª - Pulseiras fotoluminescentes
- ( ) 5ª - Arcada dentária
- ( ) 6ª - Colete de proteção fotoreflexível

b) São denominações comuns de insetos coleópteros das famílias Elateridae, Phengodidae ou Lampyridae, notórios por suas emissões de luz bioluminescente. O texto refere-se a qual alternativa:

- ( ) 1ª – Algas Marinhas
- ( ) 2ª – Vagalumes



- ( ) 3ª - Adesivos fosforescentes
- ( ) 4ª - Pulseiras fotoluminescentes
- ( ) 5ª - Arcada dentária
- ( ) 6ª - Colete de proteção fotoreflexível

c) Um exemplo de extrema beleza de bioluminescência ocorre em algumas espécies de plânctons unicelulares dinoflageladas que liberam fótons de luz, quando agitados, deixando seu habitat iluminado. O texto refere-se a qual alternativa:

- ( ) 1ª – Algas Marinhas
- ( ) 2ª – Vagalumes
- ( ) 3ª - Adesivos fosforescentes
- ( ) 4ª - Pulseiras fotoluminescentes
- ( ) 5ª - Arcada dentária
- ( ) 6ª - Colete de proteção fotoreflexível

d) Na Odontologia Estética é comum o uso de radiação ultravioleta em procedimentos de restauração e clareamento de:

- ( ) 1ª – Algas Marinhas
- ( ) 2ª – Vagalumes
- ( ) 3ª - Adesivos fosforescentes
- ( ) 4ª - Pulseiras fotoluminescentes
- ( ) 5ª - Arcada dentária
- ( ) 6ª - Colete de proteção fotoreflexível

e) Estes objetos possuem sulfeto de zinco em sua composição, por isso, conseguem emitir um brilho amarelo-esverdeado depois de expostos à luz. São muito utilizados para ornamentar quartos de crianças. O texto refere-se a qual alternativa:

- ( ) 1ª – Algas Marinhas
- ( ) 2ª – Vagalumes
- ( ) 3ª - Adesivos fosforescentes
- ( ) 4ª - Pulseiras fotoluminescentes
- ( ) 5ª - Arcada dentária
- ( ) 6ª - Colete de proteção fotoreflexível

f) Estes objetos luminescentes são utilizados em festas de todos os tipos, para identificação ou ornamentação. O texto refere-se a qual alternativa:

- ( ) 1ª – Algas Marinhas  
 ( ) 2ª – Vagalumes  
 ( ) 3ª - Adesivos fosforescentes  
 ( ) 4ª - Pulseiras fotoluminescentes  
 ( ) 5ª - Arcada dentária  
 ( ) 6ª - Colete de proteção fotoreflexível

3) Observe a imagem do Mapa Mental a seguir, sobre as aplicações envolvendo a Emissão Estimulada de Energia que foram apresentadas durante os encontros virtuais.

Imagem da Questão 3 - Mapa Mental: Aplicações Envolvendo a Emissão Estimulada de Energia:



O Mapa Mental acima contém cinco imagens numeradas. Escolha a numeração correspondente a descrição apresentada em cada comando abaixo:

a) Este dispositivo pode ser usado como uma máquina de corte, que garante a precisão e o corte dos mais complexos desenhos, possibilitando a fabricação de produtos variados, como logomarcas, por exemplo. O texto refere-se a qual alternativa:

- ( ) 1ª - Cirurgia endoscópica nasal
- ( ) 2ª - Cirurgia ocular
- ( ) 3ª - Fibra Ótica
- ( ) 4ª - LASER cortando uma placa de metal
- ( ) 5ª - LEDs (Diodos Emissores de Luz)

b) Estes dispositivos são muito utilizados na indústria de microeletrônica, por causa de sua eficiência energética e durabilidade, como, por exemplo, em: luzes eletrônicas de semáforos; telas de Smart TVs e celulares. O texto refere-se a qual alternativa:

- ( ) 1ª - Cirurgia endoscópica nasal
- ( ) 2ª - Cirurgia ocular
- ( ) 3ª - Fibra Ótica
- ( ) 4ª - LASER cortando uma placa de metal
- ( ) 5ª - LEDs (Diodos Emissores de Luz)

c) Nesse período de pandemia, a Internet se tornou uma forte aliada na realização do processo de educação com maior segurança. Nas telecomunicações, o sinal de Internet pode ser disponibilizado a longas distâncias, com o auxílio do mecanismo de ação LASER, associado a um dispositivo optoeletrônico capaz de realizar a transferência de dados, com baixas taxas de perda de sinal. O texto refere-se a qual dispositivo optoeletrônico:

- ( ) 1ª - Cirurgia endoscópica nasal
- ( ) 2ª - Cirurgia ocular
- ( ) 3ª - Fibra Ótica
- ( ) 4ª - LASER cortando uma placa de metal
- ( ) 5ª - LEDs (Diodos Emissores de Luz)

d) Uma das aplicações do LASER na medicina ocorre no tratamento de doenças, como catarata e miopia, dentre outras. O texto refere-se a qual aplicação do LASER:

- ( ) 1ª - Cirurgia endoscópica nasal
- ( ) 2ª - Cirurgia ocular
- ( ) 3ª - Fibra Ótica
- ( ) 4ª - LASER cortando uma placa de metal
- ( ) 5ª - LEDs (Diodos Emissores de Luz)

e) Uma das aplicações do LASER na medicina ocorre no tratamento de Sinusite, por exemplo. Neste caso, pode ser realizada uma cirurgia para correção dos seios da face, cujo objetivo é devolver a ventilação adequada das cavidades do nariz. O texto refere-se a qual alternativa:

- ( ) 1ª - Cirurgia endoscópica nasal
- ( ) 2ª - Cirurgia ocular
- ( ) 3ª - Fibra Ótica
- ( ) 4ª - LASER cortando uma placa de metal
- ( ) 5ª - LEDs (Diodos Emissores de Luz)

## Formulário de Avaliação das Atividades desenvolvidas no decorrer dos três encontros virtuais.

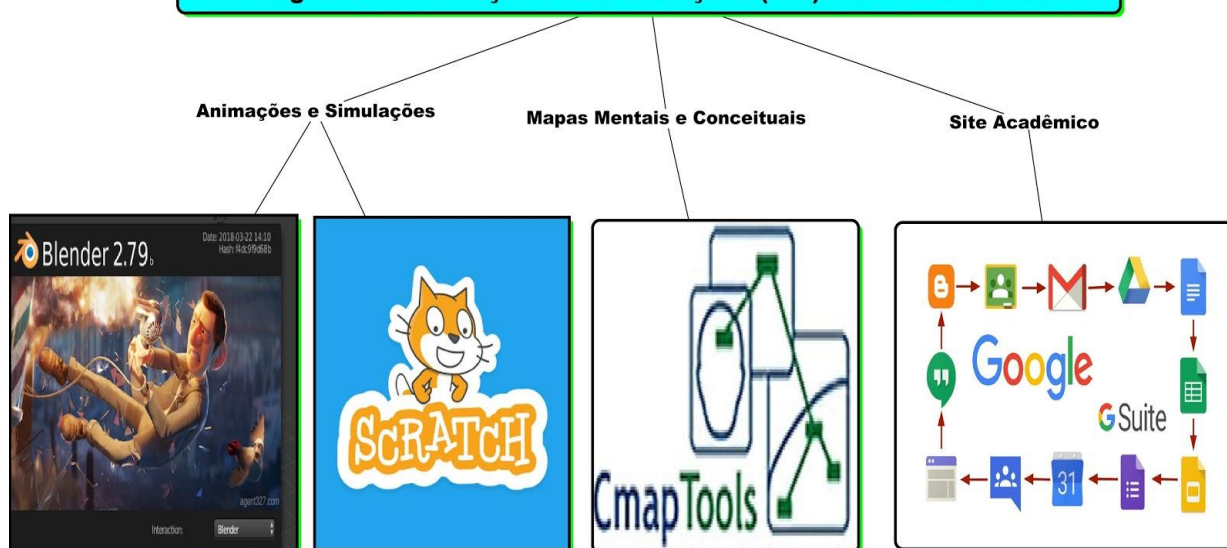
Nome da Instituição de Ensino:

Nome:

Turma:

Softwares utilizados para as produções dos Objetos Digitais de Aprendizagem

### Tecnologias de Informação e Comunicações (TIC) utilizadas no trabalho:



Algumas imagens dos Objetos Digitais de Aprendizagem aplicados nos encontros virtuais

As imagens exibidas são exemplos de ODA's utilizados:

- Uma interface de um jogo educativo no Scratch sobre o contexto de um planeta.
- Um documento de texto sobre "Tópicos de Física Moderna e Contemporânea" por Professora Luciana Barros, com um hipertexto auxiliar.
- Um mapa conceitual sobre "Física Quântica" que relaciona "Simulações", "Mapas Mentais", "Mapas Conceituais", "Site Acadêmico" e "Frequência Fótonica".
- Um mapa conceitual sobre "APLICAÇÕES ENVOLVENDO A EMISSÃO ESPONTÂNEA", com ramos para "Na natureza" e "Na indústria".
- Um mapa conceitual sobre "APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS", com ramos para "Na Medicina", "Na Indústria" e "Nas telecomunicações".
- Um diagrama de física sobre "Monocromática" com uma escala de cores e o texto "Emissão: 8 e 9" e "Iniciar".

1 - Quão satisfeito você ficou com o formato geral dessas três aulas virtuais?

- a) (  ) Totalmente Satisfeito
- b) (  ) Satisfeito
- c) (  ) Neutro
- d) (  ) Insatisfeito
- e) (  ) Totalmente Insatisfeito

2 - Você concorda que o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC- Computadores, Smartphones e Softwares Educacionais) deixam as aulas de Ciências mais atrativas e empolgantes, quando comparadas às aulas tradicionais (sem o uso de TIC)?

- a) (  ) Totalmente de acordo
- b) (  ) Concordo parcialmente
- c) (  ) Neutro
- d) (  ) Discordo parcialmente
- e) (  ) Discordo totalmente

3 - Você concorda que a compreensão dos processos de Absorção e Emissão de Energia no interior dos átomos e suas aplicações tecnológicas cotidianas é importante para sua formação?

- a) (  ) Totalmente Satisfeito
- b) (  ) Satisfeito
- c) (  ) Neutro
- d) (  ) Insatisfeito
- e) (  ) Totalmente Insatisfeito

4- Quão úteis foram as indicações dos materiais de estudo que lhe foram fornecidas, durante as aulas virtuais, para a resolução das atividades propostas?

- a) (  ) Extremamente uteis
- b) (  ) Muito uteis
- c) (  ) Neutro
- d) (  ) Não uteis
- e) (  ) Extremamente inúteis

5 - A forma como a professora organizou as aulas virtuais, dividindo os conteúdos em três momentos e, também, disponibilizando materiais de estudo e atividades para serem resolvidas com antecedência, facilitou a sua compreensão dos conteúdos ensinados durante as aulas virtuais?

- a) ( ) Totalmente de acordo
- b) ( ) Concordo parcialmente
- c) ( ) Neutro
- d) ( ) Discordo parcialmente
- e) ( ) Discordo totalmente

6 - Avalie o quanto os Objetos Digitais de Aprendizagem facilitaram a sua compreensão dos conteúdos ensinados durante as aulas virtuais. Na escala, 1 indica a menor pontuação e 5 a maior:

|                     | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Site Educativo      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Animação no Scratch | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Hipertexto          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Simulador Rad&Mat   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

7) Avalie o quanto foi difícil utilizar Objetos Digitais de Aprendizagem apresentados durante as três aulas virtuais:

|                   | Muito fácil           | Fácil                 | Neutro                | Difícil               | Muito difícil         |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Site Acadêmico    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Animação no       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Hipertexto        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Simulador Rad&Mat | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

8 - Você realizou pesquisas em outros materiais de estudo, além dos fornecidos pela professora, para compreender os conteúdos ensinados nas aulas virtuais, ou resolver as atividades propostas? Se sua resposta for sim, cite quais foram estes materiais, caso você se lembre:

9 - Cite os aspectos que mais lhe agradaram durante essas três aulas virtuais:

10 - Você tem algum comentário, crítica ou sugestão para ajudar a melhorar algum aspecto dessas três aulas virtuais?



## Referências Bibliográficas

BRASIL, **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Disponível em <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wpcontent/uploads/2018/02/bncc-20dez-site.pdf>. Acesso em: 23 de ago. 2020. p.537.

GRF, **Grupo de Reelaboração do Ensino de Física**. São Paulo. 5ª ed. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2015.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. Porto Alegre. 9ª ed. Bookman, 2012.

**Apêndice B:****Quadro 02-** Trabalhos apresentados, oriundos da dissertação.

|                   |  |
|-------------------|--|
| Trabalho Completo | BARROS, L. C.; SILVA, D. S. R. ; GESTER, R. do M. ; Lima, M G . O USO DE ANIMAÇÕES COMPUTACIONAIS NO PROCESO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA. In: XVIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2020, Florianópolis-SC. Anais do XVIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física - A pesquisa em ensino de física e as tensões político-democráticas da atualidade: para onde vamos?. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2021. p. 1204-1211. |
| Resumo Simples    | BARROS, L. C. ; Lima, M G. ASSOCIAÇÃO DE OBJETOS DIGITAIS DE APRENDIZAGEM À METODOLOGIAS ATIVAS NA ENSINAGEM DE TEMAS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO FUNDAMENTAL. 2021. XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF)   |

Fonte: Elaborado pela autora (2021)