



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**  
**POLO 24**

**Marize Cristina de Almeida**

**Uma Sequência Didática para o Ensino de Física Moderna: a radioterapia no tratamento do câncer**

JUIZ DE FORA – MG

2024

**MARIZE CRISTINA DE ALMEIDA**

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA: A  
RADIOTERAPIA NO TRATAMENTO DO CÂNCER**

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora/Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Matheus Valle

JUIZ DE FORA – MG

2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Almeida, Marize Crisitna .

Uma Sequência Didática para o Ensino de Física Moderna: a radioterapia no tratamento do câncer / Marize Crisitna Almeida. -- 2024.

194 p. : il.

Orientador: José Luiz Matheus Valle  
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Física, 2024.

1. Sequência didática. 2. Ensino de física . 3. Radiações ionizantes. 4. Radioterapia. 5. Câncer. I. Valle, José Luiz Matheus , orient. II. Título.

Marize Cristina de Almeida

**Uma Sequência Didática para o Ensino de Física Moderna: a radioterapia no tratamento do câncer.**

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

**Aprovada em 10 de abril de 2024.**

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Dr. José Luiz Matheus Valle - Orientador**  
**Universidade Federal de Juiz de Fora**

**Prof. Dr. Sebastião Alves Dias**  
**Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas**

**Prof. Dr. Alysson Miranda de Freitas**  
**Universidade Federal de Juiz de Fora**

Juiz de Fora, 09/04/2024.



Documento assinado eletronicamente por Jose Luiz Matheus Valle, Professor(a), em 11/04/2024, às 08:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Sebastião Alves Dias, Usuário Externo, em 11/04/2024, às 19:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Alysson Miranda de Freitas, Professor(a), em 29/04/2024, às 17:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf ([www2.ufjf.br/SEI](http://www2.ufjf.br/SEI)) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador 1776758 e o código CRC A8568771

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por conceder-me saúde, fé e por capacitar-me na determinação e perseverança necessárias para mais esta conquista.

À Universidade Federal de Juiz de Fora por fornecer os recursos e o ambiente propício para a realização deste estudo. Expresso minha gratidão ao Departamento de Física pela orientação e apoio ao longo deste processo.

Agradeço profundamente ao meu orientador, professor e doutor José Luiz Matheus Valle, pela orientação dedicada, paciência e pela transmissão de seu grande conhecimento da Física, contribuindo com *insights* valiosos ao longo desta jornada. Não poderia ter pedido por um orientador mais inspirador e comprometido. Agradeço ao professor e doutor José Luiz Matheus Valle por sua orientação perspicaz.

Agradeço aos meus colegas João Vitor e Rafael pelo intercâmbio de ideias, discussões produtivas e apoio mútuo ao longo deste projeto. Às grandes amigas Izabela e Mônica (Baiana) pelo apoio e incentivo.

Expresso meu profundo agradecimento à minha família pelo apoio incondicional, compreensão e incentivo ao longo dos anos de estudo. MÃE, você é incrivelmente maravilhosa, eu te amo. Pai, você não está mais aqui para ver esse momento feliz da sua filha, mas sei que sentiria orgulho. Te amo, PAI. Minha tia Maria Luiza que é, também, uma mãe que me apoia em tudo. Amo a senhora. Tia Leni, mãe, madrinha, amiga que me dá muito amor, amo você. Vera, você foi a grande inspiração para a escolha de conteúdo do meu Projeto, pois depois de passar por um tratamento de câncer de mama, hoje curada, graças a Deus, tive a ideia e curiosidade de saber como funcionam as sessões de Radioterapia. Obrigada, minha irmã de coração e de grande amizade. Meus irmãos, Márcia e Zé Roberto, por serem meus irmãos incríveis. Meus sobrinhos, João Wyller e Bárbara Luiza que amo incondicionalmente. Minha cunhada, Edlane, que é minha amiga e prima que sempre me joga pra cima.

Sou muito grata a uma pessoa que entrou na minha vida e que veio para somar. Dênio, você é muito especial pra mim. Se eu entrei e desenvolvi este Projeto foi porque você me jogou pra cima e me incentivou com sua sabedoria. Muito obrigada por tudo.

À Sociedade Brasileira de Física por disponibilizar o Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física e ao Instituto Federal Sudeste MG.

Aos meus alunos que, mesmo diante das dificuldades pós-pandemia do Covid-19, participaram com louvor e cooperaram com o desenvolvimento do produto educacional.

## RESUMO

Nesta dissertação, apresentamos o desenvolvimento e a aplicação de um Produto Educacional na forma de uma Sequência Didática (SD) voltado para o ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC). O foco central da SD foi o uso da radiação ionizante no tratamento do câncer de mama e próstata por meio da Radioterapia.

Com a percepção da sociedade sobre a radioatividade oscilando entre mocinha e vilã, a abordagem do tema foi delineada sob a perspectiva CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), devidamente entrelaçada com o cotidiano dos alunos e implementada por meio de atividades práticas, buscando que os alunos se tornassem participantes ativos no mundo da ciência e tecnologia, adquirindo uma Alfabetização Científica Significativa. As aulas ministradas foram estruturadas com base nos Três Momentos Pedagógicos: Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento, proporcionando uma abordagem abrangente e eficaz no processo de ensino-aprendizagem. O objetivo foi não apenas transmitir informações, mas também capacitar os alunos para a resolução de problemas e a utilização dos conceitos de forma autônoma. Assim, ao fundamentar as aulas nos três momentos pedagógicos, buscamos proporcionar uma experiência educacional enriquecedora, que vai além da transmissão de conteúdo, promovendo o desenvolvimento integral dos estudantes. A fim de contribuir neste sentido, várias atividades educacionais foram realizadas utilizando experimentos de baixo custo, simulador phet colorado, slides com figuras comparativas, aplicativo de celular, computador, Datashow, entrevistas dos alunos usando meios tecnológicos, pen drive, caixa de som e e-mail. A proposta incentiva o aluno a compreender a importância da física na área médica e a refletir sobre os impactos sociais dessa tecnologia.

O Produto Educacional foi implementado em uma turma do terceiro ano do ensino médio regular de uma Escola Estadual na região central do município de Juiz de Fora, durante os meses de Novembro e Dezembro de 2022. Como resultado, a Sequência Didática aprimorou a autoconfiança, criatividade e expressão verbal, notável melhoria no aprendizado colaborativo e na cooperação, juntamente com um crescente senso de solidariedade. Além disso, merece destaque o progresso significativo na compreensão da importância das questões relacionadas à ciência e tecnologia na sociedade contemporânea por parte dos participantes.

**Palavras-chave:** Sequência Didática; Ensino de física; Radiações Ionizantes; Radioterapia; Câncer.



## ABSTRACT

In this dissertation, we present the development and application of an Educational Product in the form of a Didactic Sequence (DS) aimed at teaching Modern and Contemporary Physics (CMP). The central focus of the DS was the use of ionizing radiation in the treatment of breast and prostate cancer through radiotherapy.

With society's perception of radioactivity oscillating between good guy and bad guy, the approach to the topic was outlined from a CTS (Science, Technology and Society) perspective, duly interwoven with the students' daily lives and implemented through practical activities, seeking to make the students active participants in the world of science and technology, acquiring Significant Scientific Literacy. The lessons were structured on the basis of the Three Pedagogical Moments: Initial Problematization, Organization of Knowledge and Application of Knowledge, providing a comprehensive and effective approach to the teaching-learning process. The aim was not only to transmit information, but also to enable students to solve problems and use concepts autonomously. Thus, by basing the classes on the three pedagogical moments, we sought to provide an enriching educational experience that goes beyond the transmission of content, promoting the students' integral development. In order to contribute in this sense, various educational activities were carried out using low-cost experiments, a phet colorado simulator, slides with comparative figures, a cell phone application, a computer, a Datashow, interviews with students using technological means, a pen drive, a speaker and e-mail. The proposal encourages students to understand the importance of physics in the medical field and to reflect on the social impacts of this technology.

The Educational Product was implemented in a third-year regular high school class at a state school in the central region of the municipality of Juiz de Fora, during the months of November and December 2022. As a result, the Didactic Sequence improved self-confidence, creativity and verbal expression, a notable improvement in collaborative learning and cooperation, along with a growing sense of solidarity. Also noteworthy was the significant progress in the participants' understanding of the importance of issues related to science and technology in contemporary society.

**Keywords:** Didactic Sequence; Physics Teaching; Ionizing Radiation; Radiotherapy; Cancer.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1- A mulher e o câncer de mama no Brasil.....                                           | 46 |
| Figura 2- O homem e o câncer de Próstata no Brasil.....                                        | 46 |
| Figura 3- Símbolo de radioatividade – trifólio.....                                            | 78 |
| Figura 4- Aparelho de radioterapia.....                                                        | 79 |
| Figura 5- Detecção em ambiente contaminado.....                                                | 79 |
| Figura 6- Radiografia do dente.....                                                            | 80 |
| Figura 7- Novembro azul.....                                                                   | 80 |
| Figura 8- Outubro rosa.....                                                                    | 80 |
| Figura 9 e Figura 10 - Retirada da mama.....                                                   | 81 |
| Figura 11- Exame de toque.....                                                                 | 81 |
| Figura 12- Exame de toque.....                                                                 | 81 |
| Figura 13- DNA.....                                                                            | 82 |
| Figura 14- Efeitos da radiação no corpo humano.....                                            | 82 |
| Figura 15- Foto histórica de raio X, tirada por Röntgen, da mão de sua esposa Anna Bertha..... | 83 |
| Figura 16- Raio gama.....                                                                      | 84 |
| Figura 17- Frutas e agrotóxicos.....                                                           | 84 |
| Figura 18- Sinais de eletroeletrônicos.....                                                    | 85 |
| Figura 19- Exemplo nuvem de palavras.....                                                      | 86 |
| Figura 20- Interação professora-alunos.....                                                    | 87 |
| Figura 21- Nuvem de palavras do grupo 3.....                                                   | 87 |
| Figura 22- Apresentação das imagens.....                                                       | 89 |
| Figura 23 - Questão 1.....                                                                     | 90 |
| Figura 24- Questão 2.....                                                                      | 91 |
| Figura 25- Questão 3.....                                                                      | 91 |
| Figura 26- Espectro Eletromagnético.....                                                       | 93 |
| Figura 27- Interação dos alunos com a professora.....                                          | 93 |
| Figura 28- Apresentação das imagens.....                                                       | 95 |
| Figura 29- Apresentação das imagens.....                                                       | 95 |
| Figura 30- Ondas de Rádio.....                                                                 | 95 |
| Figura 31- Ondas Micro-ondas.....                                                              | 96 |
| Figura 32- Algumas aplicações dos raios infravermelhos.....                                    | 97 |
| Figura 33- Controle Remoto de TV.....                                                          | 98 |

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 34- Luz Visível.....                                                     | 99  |
| Figura 35- Aplicações do raio ultravioleta .....                                | 100 |
| Figura 36- Luz Negra .....                                                      | 101 |
| Figura 37- Aplicações envolvendo raio X.....                                    | 103 |
| Figura 38- Alunos observando mamografia de um câncer de mama inicial .....      | 103 |
| Figura 39- Raios Gama no diagnóstico e tratamento do câncer .....               | 104 |
| Figura 40- Simulação de uma célula .....                                        | 105 |
| Figura 41- Aumento da vida útil do alimento através da irradiação .....         | 105 |
| Figura 42- Selo de alimentos irradiados .....                                   | 106 |
| Figura 43- Raios Cósmicos .....                                                 | 106 |
| Figura 44- Resultados do preenchimento da tabela sobre Energia do Espectro..... | 108 |
| Figura 45- Slide 1.....                                                         | 109 |
| Figura 46- Slide 2 .....                                                        | 109 |
| Figura 47- Slide 3.....                                                         | 110 |
| Figura 48- Slide 4 .....                                                        | 110 |
| Figura 49- Slide 5.....                                                         | 110 |
| Figura 50- Slide 6.....                                                         | 110 |
| Figura 51- Slide 7.....                                                         | 111 |
| Figura 52- Slide 8.....                                                         | 111 |
| Figura 53- Slide 9 .....                                                        | 112 |
| Figura 54- Slide 10 .....                                                       | 113 |
| Figura 55- Slide 11 .....                                                       | 113 |
| Figura 56- Simulador: Molécula e Luz .....                                      | 114 |
| Figura 57- Atividade: Construção de texto baseando-se nas palavras-chave.....   | 116 |
| Figura 58- Nuvem de palavras do grupo 4 .....                                   | 119 |
| Figura 59 - Nuvem de palavra final de cada grupo .....                          | 120 |
| Figura 60- Resultados: Atividades em grupo .....                                | 125 |
| Figura 61- Entrevista 1 .....                                                   | 129 |
| Figura 62- Entrevista 2 .....                                                   | 129 |
| Figura 63- Entrevista 3 .....                                                   | 130 |
| Figura 64- Entrevista 4 .....                                                   | 131 |
| Figura 65- Interação da turma no final da proposta.....                         | 132 |

## SUMÁRIO

|                                                                                          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                                | <b>13</b> |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                                                       | <b>17</b> |
| <b>2.1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA .....</b>                                  | <b>17</b> |
| <b>2.2 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA .....</b>                                                | <b>22</b> |
| <b>2.3 OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS .....</b>                                            | <b>24</b> |
| <b>2.4 A TEORIA SOCIOCULTURAL DE VYGOTSKY.....</b>                                       | <b>25</b> |
| <b>2.5 RELAÇÕES CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE - CTS E O ENSINO DA FÍSICA.....</b>       | <b>26</b> |
| <b>2.6 OS PCNs E O ENSINO DA FÍSICA MODERNA .....</b>                                    | <b>29</b> |
| <b>2.7 CONCEPÇÕES DE ESTUDANTES SOBRE RADIAÇÕES E MOTIVAÇÃO PARA O APRENDIZADO .....</b> | <b>32</b> |
| <b>2.8 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO .....</b>                                                 | <b>37</b> |
| <b>3 RADIAÇÕES, ONDAS ELETROMAGNÉTICAS: MALEFÍCIOS E BENEFÍCIOS</b>                      | <b>39</b> |
| <b>3.1 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS – RADIAÇÕES .....</b>                                      | <b>39</b> |
| 3.1.1 Ondas de rádio .....                                                               | 41        |
| 3.1.2 Micro-ondas.....                                                                   | 41        |
| 3.1.3 Raios ou radiação infravermelha (IV) .....                                         | 42        |
| 3.1.4 Luz ou radiação visível.....                                                       | 42        |
| 3.1.5 Raios ou radiação ultravioleta (UV).....                                           | 42        |
| 3.1.6 Raios X .....                                                                      | 42        |
| 3.1.7 Raios gama ou radiação gama .....                                                  | 43        |
| 3.1.8 Raios Cósmicos .....                                                               | 43        |
| <b>3.2 A DESCOBERTA DO RAIOS X .....</b>                                                 | <b>43</b> |
| <b>3.3 ENSINO DE FÍSICA E O DIAGNÓSTICO DO CÂNCER .....</b>                              | <b>45</b> |
| 3.3.1 A física no diagnóstico do câncer de mama e próstata.....                          | 45        |
| 3.3.2 A física na radiologia.....                                                        | 47        |
| 3.3.3 Efeitos da radiação em tecidos biológicos.....                                     | 48        |
| 3.3.4 Tratamento de câncer por radioterapia .....                                        | 49        |
| <b>3.4 OS EFEITOS FOTOELÉTRICO, COMPTON e PRODUÇÃO POR PARES.....</b>                    | <b>50</b> |
| <b>4 METODOLOGIA.....</b>                                                                | <b>54</b> |
| <b>4.1 O CONTEXTO DA INTERVENÇÃO .....</b>                                               | <b>54</b> |

|                                                                                                                                                                       |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>4.2 A Sequência Didática (SD)</b> .....                                                                                                                            | <b>55</b>  |
| <b>4.3 CARACTERIZAÇÃO DA TURMA</b> .....                                                                                                                              | <b>58</b>  |
| <b>4.4 Aulas</b> .....                                                                                                                                                | <b>58</b>  |
| 4.4.1 Aula 1 .....                                                                                                                                                    | 58         |
| 4.4.2 Aula 2 .....                                                                                                                                                    | 61         |
| 4.4.3 Aula 3 .....                                                                                                                                                    | 64         |
| 4.4.4 Aula 4 .....                                                                                                                                                    | 66         |
| 4.4.5 Aula 5 .....                                                                                                                                                    | 70         |
| 4.4.6 Aula 6 .....                                                                                                                                                    | 72         |
| 4.4.7 Aula 7 .....                                                                                                                                                    | 75         |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....                                                                                                                                | <b>77</b>  |
| <b>5.1 Aula 1</b> .....                                                                                                                                               | <b>77</b>  |
| 5.1.1 1º Momento – Apresentação de imagens e discussão com os alunos .....                                                                                            | 77         |
| 5.1.2 2º Momento – Construção de Nuvem de Palavras .....                                                                                                              | 86         |
| <b>5.2 Aula 2</b> .....                                                                                                                                               | <b>88</b>  |
| 5.2.1 1º Momento – Continuação com apresentação de imagens e atividade dissertativa .....                                                                             | 88         |
| <b>5.3 Aula 3</b> .....                                                                                                                                               | <b>92</b>  |
| 5.3.1 1º Momento – Apresentação do Espectro Eletromagnético .....                                                                                                     | 92         |
| <b>5.4 aula 4</b> .....                                                                                                                                               | <b>107</b> |
| Grupo 1.....                                                                                                                                                          | 108        |
| Grupo 2.....                                                                                                                                                          | 108        |
| Grupo 3.....                                                                                                                                                          | 109        |
| Grupo 4.....                                                                                                                                                          | 109        |
| 5.4.1 1º Momento – A interação da radiação com a matéria.....                                                                                                         | 109        |
| 5.4.2 2º Momento – Simulador.....                                                                                                                                     | 114        |
| 5.4.3 3º Momento – Palavras-chave (Apêndice C) sobre o que foi discutido até o momento para que o grupo desenvolva um texto organizando sua sequência de ideias ..... | 115        |
| <b>5.5 aula 5</b> .....                                                                                                                                               | <b>117</b> |
| 5.5.1 1º Momento – Vídeo Youtube: O que é Radioatividade? Como ela funciona? .....                                                                                    | 118        |
| 5.5.2 2º Momento - Vídeo Youtube <sup>7</sup> : Césio 137 em Goiânia – Especial 10 anos .....                                                                         | 119        |
| 5.5.3 3º Momento – Construção de uma Nuvem de Palavras .....                                                                                                          | 119        |
| <b>5.6 Aula 6</b> .....                                                                                                                                               | <b>121</b> |

|                                                                                                                                 |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.6.1 1 1º Momento – Data Show – Slides sobre emissões alfa, beta e gama, aplicações, limites da dose, efeitos biológicos;..... | 121        |
| 5.6.2 2º Momento - Vídeo Youtube – A Física na Radioterapia.....                                                                | 123        |
| 5.6.3 3º Momento – Autoavaliação de cada grupo.....                                                                             | 124        |
| <b>5.7 Aula 7.....</b>                                                                                                          | <b>128</b> |
| 5.7.1 1º Momento – Produção de audiovisuais e escrita pelos alunos .....                                                        | 128        |
| <b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                                                                              | <b>133</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                                                                        | <b>134</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

É notório um distanciamento significativo entre o que é ensinado atualmente em física e as modificações que a sociedade experimenta cotidianamente. Ainda se ensina uma Física Clássica que deixa em segundo plano os conhecimentos mais modernos, provocativos e potencialmente cativadores da curiosidade e interesse dos alunos. Estudantes do Ensino Médio (EM) demonstram resistência e limitações no tocante ao ensino de física em geral por não assimilarem real sentido ao estudo dessa disciplina. Em geral, esses estudantes não estabelecem uma conexão entre o que aprendem na escola e o meio em que vivem. Em meio ao cotidiano, nota-se que a maioria percebe a física como uma ciência complicada por suas fórmulas matemáticas que requerem memorização para serem aplicadas nas provas com o objetivo de alcançar uma nota alta e em consequência obter aprovação.

De acordo com Prestes e Cappelletto (2008), esse fato pode ser associado à atitude de não contextualização por parte dos professores do conteúdo que estão ensinando em sala de aula, indicando a importância de criar uma conexão entre a física ensinada na escola e a aplicação da física no cotidiano.

Segundo Soares *et al.* (2015), para que ocorra a modificação desse cenário é necessário o desenvolvimento de atividades que se voltem para o teor conceitual do que se entende por fenômenos físicos, que não estejam limitadas somente às equações e aos cálculos matemáticos.

Uma pauta para a linha de modificação desse cenário seria a abordagem de tópicos da Física Moderna (FM) nas aulas do Ensino Médio, visando um maior entendimento sobre o mundo tecnológico em que vivem e também desenvolver habilidades para lidar com causas sociais e ambientais que sofrem diferentes impactos oriundos de todo avanço da tecnologia. Uma das possibilidades é o uso de metodologias com atividades direcionadas à aprendizagem conceitual dos fenômenos físicos e, em contraposição, postergar o todo formalismo da matemática (SOARES, 2015).

Nesse sentido, foi escolhido o tema que nos permite trabalhar de modo interdisciplinar, principalmente, e trazer novas abordagens que podem ser aplicadas nas escolas, sobretudo utilizando sequências didáticas como guia direcionador da práxis. Este trabalho também procura colaborar no sentido de elucidar questões que desmistificam o uso limitado da física na sala de aula, ao mesmo tempo em que aborda e enfatiza as possibilidades e os benefícios sociais que podem ser alcançados durante o processo de ensino-aprendizagem.

Justifica-se o trabalho por considerar a real necessidade de popularizar esses conhecimentos, visando a educação científica por parte dos alunos, articulando conhecimento teórico e prático em seu processo educacional:

O cotidiano contemporâneo depende, cada vez mais intensamente, de tecnologias baseadas na utilização de radiações. Introduzir esses assuntos no Ensino Médio significa promover nas jovens competências para, por exemplo, ter condições de avaliar riscos e benefícios que decorrem da utilização de diferentes radiações, compreender os recursos de diagnóstico médico (radiografias, tomografias etc.) (BRASIL, 2002, p. 77).

A atualização no currículo do Ensino Médio proporciona que o processo de ensino-aprendizagem seja voltado para o dia a dia do estudante, promovendo um novo e sensível olhar sobre a educação, as tecnologias na vida contemporânea, e a inserção de elementos para um debate consciente sobre ética e ciência (BRASIL, 2002).

Para tanto, o ensino da Física Moderna deve contemplar as reflexões condizentes com as aplicações em formato de tecnologias, se afastando um pouco do formalismo matemático e do ensino tradicional, com foco na capacidade de argumentação e no uso do senso crítico, abordando o tema de modo mais conceitual.

Para que os estudantes aprendam melhor sobre o mundo que lhes cercam e as possibilidades de modificação existentes, sobretudo por meio da aplicação de uma gama tecnológica que tem como pano de fundo a física, é essencial promover o desenvolvimento de potencialidades que colaborem na associação entre os conteúdos aprendidos no intercurso das aulas com a realidade que existe além dos muros escolares.

De acordo com as Orientações Curriculares para o Ensino Médio, para que isso de fato ocorra, os métodos de ensino devem ser alterados, estimulando todo potencial de cada aluno para responder perguntas e buscar as informações suficientes para utilizá-las nos mais variados contextos em que lhes forem requeridos (BRASIL, 2006). Essa abordagem ativa não apenas favorece o desenvolvimento integral dos estudantes, mas também contribui para a formação de indivíduos críticos e proativos.

Para atingir esse objetivo, é importante que os educadores se mantenham atualizados por meio da pesquisa em artigos científicos, diretrizes dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), livros didáticos, obras de divulgação científica e trabalhos publicados. Ao incorporar esses conhecimentos relevantes e atualizados em sua prática, os educadores se tornam agentes catalisadores do processo de aprendizagem. Compartilhar essas informações de maneira clara



e acessível não apenas enriquece o processo de ensino, mas também inspira a curiosidade e o interesse dos estudantes, fomentando um ambiente educacional dinâmico e estimulante.

Se os temas estiverem relacionados ao cotidiano dos estudantes e forem compartilhados por meio de situações que conduzam a uma associação daquilo que já sabem com o que ainda vão aprender, será alcançada a aprendizagem significativa, pois “o fator mais importante que influencia a aprendizagem é a quantidade, clareza e a organização dos conhecimentos que o aluno já dispõe e que em torno deles vai agregar as novidades” (AUSUBEL, 2003 apud MEIRIEU, 1998 ).

Nesse sentido, destaca-se a resolução do que se denomina por Situações-Problema (SP) como estratégia metodológica motivacional para o processo de ensino e aprendizagem nas aulas de Física, pois essas atividades conduzem ao pensamento e a reflexão de como solucionar o problema que lhe foi colocado e não somente encontrar o resultado final (SIMÕES NETO, 2009).

De acordo com o pensamento de Meirieu (1998), o uso da SP como uma situação-didática tem como possibilidade oferecer ao sujeito uma atividade que ele não conseguirá realizar sem efetuar uma aprendizagem significativa. E essa aprendizagem, que constitui o verdadeiro objetivo, é alcançada ao ultrapassar os obstáculos na realização da atividade proposta.

O uso de Situações Problema pode favorecer os mecanismos para uma aprendizagem efetiva dos estudantes, estimulando-os para a realização de tarefas e guiando-os no caminho do verdadeiro conhecimento científico.

Vale ressaltar que na apresentação do produto serão utilizadas algumas Situações-Problemas na proposta de sequência didática, de modo que se percebe nesta metodologia a possibilidade de estimular o potencial de correlacionar os conteúdos aprendidos na escola com o seu cotidiano, bem como aplicar os conhecimentos anteriores para desenvolver novas ideias e superar as suas limitações de aprendizagem, pois ao se dedicar a encontrar uma solução para um problema, os estudantes podem vivenciar algo parecido com o papel de cientistas que utilizam estratégias para chegar a respostas e dirimir dúvidas que vão surgindo durante a pesquisa.

Dessa forma, o presente trabalho tem como proposta apresentar um Produto Educacional composto de uma sequência didática sobre o ensino de Física Moderna no Ensino Médio que trate da radioatividade e dos seus benefícios no combate ao câncer, tanto de mama quanto de próstata. A radioatividade, um fenômeno natural descoberto por Henri Becquerel no final do século XIX, trouxe consigo uma gama de benefícios e malefícios que

moldaram significativamente diversos campos. No âmbito dos benefícios, a utilização de radioisótopos em medicina tem desempenhado um papel crucial no diagnóstico e tratamento de doenças, através de procedimentos como a tomografia por emissão de pósitrons (PET) e radioterapia. Além disso, na geração de energia, a fissão nuclear tem sido empregada na produção de eletricidade, fornecendo uma fonte potencialmente eficiente e de baixas emissões de carbono.

No entanto, é importante abordar os malefícios associados à radioatividade. Acidentes nucleares, como os de Chernobyl e o de Goiânia (Césio 137), evidenciam os riscos significativos para a saúde humana e o meio ambiente. A exposição excessiva à radiação pode resultar em efeitos adversos, desde distúrbios genéticos até o desenvolvimento de câncer. Além disso, a gestão responsável dos resíduos nucleares, com seu longo período de meia-vida, representa um desafio persistente para a segurança e preservação ambiental.

Portanto, a aplicação da radioatividade exige uma abordagem equilibrada e ética, buscando maximizar seus benefícios enquanto minimiza os riscos associados. O trabalho contínuo e o desenvolvimento de tecnologias seguras, possibilitam qualidade de vida ao ser humano, proporcionando-lhes conforto e bem-estar.

No próximo capítulo, apresentaremos o Referencial Teórico deste trabalho que discute a importância da construção de sequências didáticas para o processo de ensino-aprendizagem da Física.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Segundo Ausubel (1982), a aprendizagem significativa é um processo em que o indivíduo estabelece uma relação entre o novo conhecimento que está sendo adquirido e o conhecimento pré-existente que já possui. Nesse sentido, a aprendizagem significativa ocorre quando o aluno é capaz de relacionar o novo conteúdo com suas experiências, conceitos e ideias já presentes em sua mente.

Para Ausubel (1982), o conhecimento prévio é fundamental para o processo de aprendizagem, pois é a partir dele que o aluno pode construir novos significados e compreender os novos conceitos de forma mais profunda. A aprendizagem significativa não se resume apenas a memorizar informações ou fatos isolados, mas sim a compreender e relacionar essas informações a fim de construir um conhecimento estruturado e coerente.

Para que a aprendizagem significativa ocorra, é necessário que o aluno esteja motivado e engajado no processo de aprendizagem, buscando ativamente estabelecer conexões entre o novo conteúdo e seu conhecimento prévio. Além disso, o aluno precisa estar envolvido em atividades que promovam a reflexão, a análise e a construção de significados, como discussões em grupo, resolução de problemas e aplicação do conhecimento em situações reais (AUSUBEL, 1982).

Ausubel (1982) também destaca a importância da organização do conteúdo a ser aprendido. Segundo ele, a apresentação de informações de forma clara, estruturada e hierarquizada facilita a compreensão e a assimilação do conhecimento pelo aluno. A organização do conteúdo permite que o aluno identifique as relações entre os diferentes conceitos e construa uma estrutura cognitiva sólida, facilitando o processo de aprendizagem e a transferência de conhecimento para situações novas.

Dessa forma, a aprendizagem significativa, diz o mesmo autor, é um processo ativo, em que o aluno é protagonista de sua própria aprendizagem, estabelecendo conexões entre o que já sabe e o que está aprendendo. É um processo que visa a construção de um conhecimento coerente, estruturado e aplicável, possibilitando uma compreensão mais profunda e duradoura do conteúdo. Para que haja a aprendizagem significativa, afirma o educador (AUSUBEL, 1982), são necessárias algumas condições.

Moreira (1998) também comenta estas condições. A aprendizagem significativa é um processo complexo que envolve diversas variáveis e condições que podem influenciar na sua efetividade. Segundo o texto apresentado, existem duas condições fundamentais para que a aprendizagem seja significativa: 1) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e 2) o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender.

A primeira condição refere-se à natureza do material de aprendizagem. De acordo com o texto, o material deve ter um significado lógico, ou seja, deve ser relacionável de maneira não-arbitrária e não-literal a uma estrutura cognitiva apropriada e relevante. Isso significa que o material de aprendizagem deve fazer sentido para o aprendiz, ser capaz de ser conectado com seus conhecimentos prévios e apresentar uma lógica interna que o torne compreensível. Por exemplo, um livro de matemática só será significativo para um estudante se ele tiver conhecimentos prévios sobre números e operações matemáticas, e se o conteúdo do livro estiver organizado de forma lógica e compreensível (MOREIRA, 1998).

Além disso, o aprendiz deve incorporar em sua estrutura cognitiva, os subsunçores, relevantes com os quais possam ser associados ao material em questão. Ou seja, é necessário que o aluno possua conhecimentos prévios que sejam pertinentes ao conteúdo que está sendo apresentado. Esses conhecimentos prévios servem como base para a construção de novos conhecimentos e facilitam a compreensão ao material. Por exemplo, um estudante que já tenha conhecimentos sobre a história do Brasil terá mais facilidade em compreender e relacionar-se com um texto sobre a independência do país (MOREIRA, 1998).

No entanto, afirma Moreira (1998), é importante ressaltar que o material de aprendizagem só pode ser potencialmente significativo, não significativo em si mesmo. Isso porque o significado está nas pessoas, não nos materiais. São os alunos que atribuem significados aos materiais de aprendizagem, e esses significados podem não ser os mesmos aceitos no contexto da matéria de ensino. Portanto, o objetivo do ensino é que os alunos atribuam aos novos conhecimentos os significados aceitos dentro do contexto da disciplina, mas isso requer um processo de intercâmbio e negociação de significados, que pode ser demorado e complexo.

A segunda condição, conforme o mesmo autor (MOREIRA, 1998), para a aprendizagem significativa é a predisposição do aprendiz para aprender. Isso significa que o aluno deve ter a vontade e o interesse em relacionar os novos conhecimentos, de forma não-arbitrária e não-literal, aos seus conhecimentos prévios. Essa predisposição vai além da motivação ou do simples gostar da matéria. É necessário que o aprendiz esteja disposto a interagir com os novos conhecimentos, diferenciando-os e integrando-os à sua estrutura

cognitiva prévia, modificando-a, enriquecendo-a e atribuindo significados a esses novos conhecimentos.

Essa predisposição para aprender pode ser influenciada por diversos fatores, como a experiência anterior do aluno, suas expectativas de sucesso, seu nível de autoeficácia e a percepção de relevância do conteúdo. Por exemplo, um estudante que acredita em sua capacidade de aprender e que percebe a importância do conteúdo para sua vida futura, estará mais predisposto a relacionar-se com os novos conhecimentos e a buscar a sua compreensão (MOREIRA, 1998).

No entanto, também é possível que o aluno queira atribuir significados aos novos conhecimentos, mas não possua conhecimentos prévios adequados para isso. Nesse caso, a primeira condição, de um material potencialmente significativo, torna-se relevante novamente. É necessário que o material de aprendizagem seja capaz de fornecer as informações necessárias para que o aluno possa compreender e relacionar-se melhor com os novos conhecimentos (MOREIRA, 1998).

Os sujeitos, assim, apresentam uma reorganização em seu sistema cognitivo. Essas relações se estabelecem em uma hierarquia, de modo que a estrutura cognitiva é compreendida, como uma teia de conceitos organizados hierarquicamente de acordo com o nível de abstração e de generalização (AUSUBEL, 1982).

Compreende-se que a aprendizagem escolar se caracteriza, portanto, como a assimilação a essa teia complexa composta de núcleos de conhecimentos conceituais, selecionados socialmente como relevantes e organizados (MOREIRA, 1998).

A aprendizagem escolar diferencia dois eixos a partir dos valores e classes, são estes: a aprendizagem significativa, modo em que a organização da aprendizagem ocorre em torno da dimensão aprendizagem por descoberta/ receptiva em que os alunos descobrem e/ou definem os conteúdos antes de assimilar e a aprendizagem mecânica, em que os conteúdos a serem aprendidos são transmitidos já no seu formato final pronto e esmiuçado com uma aprendizagem mecânica ou repetitiva (AUSUBEL, 1982).

Em linhas gerais, quanto mais se relaciona o conteúdo substancial e não-arbitrário com aspectos da estrutura cognitiva, mais se alcança a aprendizagem significativa. Quanto menos se estabelece essa relação, estaremos diante da aprendizagem mecânica ou repetitiva.

A aprendizagem significativa se torna o eixo central da teoria de Ausubel (1982) e apresenta vantagens notáveis, desde o enriquecimento da estrutura cognitiva do estudante como à óptica da lembrança posterior para vivenciar novas aprendizagens.

A partir do nível em que se encontre o desenvolvimento de cada estudante, a ação educativa vai acontecendo, permeada, portanto, pela exploração dos conhecimentos prévios e de suas construções cognitivas, realizando a conjunção da competência cognitiva e conhecimentos prévios. A construção das aprendizagens significativas implica a conexão ou vinculação do que o aluno sabe com os conhecimentos novos, quer dizer, o antigo com o novo. A clássica repetição para aprender deve ser deixada de fora na medida do possível, uma vez que se deseja que ela seja funcional, deve-se assegurar a auto-estruturação significativa (MOREIRA, 1998).

Nesse sentido, sugere-se que estudantes desenvolvam aprendizagens significativas por si mesmos, aprendendo a aprender, garantindo a compreensão e a facilitação de outras aprendizagens em um aporte básico em sua estrutura cognitiva prévia (MOREIRA, 1998).

Uma maneira adequada de modificar as estruturas do estudante pode ocorrer por meio da incitação propositiva de discordâncias ou conflitos cognitivos que possam representar como desequilíbrios e mediante as atividades, o estudante alcance o reequilíbrio, superando os dissensos e reconstruindo o conhecimento (PIAGET, 1997).

A participação ativa do sujeito, em suma, de acordo com Ausubel (1982), é fundamental para que ocorra a aprendizagem significativa.

Uma das possibilidades no contexto da aprendizagem significativa é que a abordagem do ensino-aprendizagem por meio da situação problema pode fornecer contribuições relevantes à construção do conhecimento. De acordo com os PCNs, as Situações Problema (SP) conclamam a participação do aluno, colocando-o em interatividade consigo mesmo e com o professor e possivelmente com conflitos dialógicos, tornando-o capaz de paulatinamente organizar as suas ideias e buscar soluções (BRASIL, 2006).

Segundo Meirieu (1998):

uma SP é “uma situação-didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa. A metodologia SP é um tipo de metodologia ativa, na qual o ensino é centrado no aluno, não no professor, e se distingue de uma “pedagogia da resposta”, na qual o professor ensina lições e promove explicações devidamente ajustadas e que mesmo assegurando de forma eficaz uma função de seleção social, não garante a todos a apropriação do que se pretende explicar. Como também não pertence a uma “pedagogia do problema”, conhecida ainda com “pedagogia do concreto” ou “do projeto”, que “tem o propósito de colocar o aluno diante de uma tarefa capaz de mobilizá-lo e por ocasião da qual se tentará fazer com que efetue aprendizagens precisas.” (MEIRIEU, 1998, p. 171).

Para Meirieu (1998):

o obstáculo é transposto se os materiais fornecidos e as instruções dadas suscitarem a operação mental necessária. Deparar-se com o obstáculo é, em um primeiro momento, enfrentar o vazio, a ausência de qualquer solução, até mesmo de qualquer pista ou método, sendo levado à impressão de que jamais se conseguirá alcançar soluções. Se ocorrer a devolução do problema, ou seja, se os alunos se apropriam dele, suas mentes põem-se em movimento, constroem hipóteses, procedem a explorações e propõem tentativas para chegar a soluções. Em um trabalho coletivo, inicia-se a discussão, o choque das representações obriga cada um a precisar seu pensamento e a levar em conta os dos outros (PERRENOUD, 2000, p. 30).

Já para Perrenoud (1999):

na pedagogia das SP, o papel do aluno é implicar-se, participar de um esforço coletivo para elaborar um projeto e construir, na mesma ocasião, novas competências. Ele tem direito a ensaios e erros e é convidado a expor suas dúvidas, a explicar seus raciocínios, a tomar consciência de suas maneiras de aprender, de memorizar e de comunicar-se. Abordar conceitos de física por meio de SP permite substituir o ensino tradicional, no qual o aluno é somente receptor de conhecimento, por um ensino no qual o conhecimento é compartilhado e o aluno constrói esse conhecimento sob a orientação do professor (1999, p. 65).

Quando se trata de situações problema, todo o esforço se volta para efetivar a aprendizagem via problema-resposta, com isso impõe que se tenha a certeza da existência de um problema a ser resolvido e, ao mesmo tempo, da impossibilidade de resolver o problema sem aprender (MEIRIEU, 1998).

Perrenoud (2000) e Meirieu (1998) demarcam uma Situação-Problema ressaltando seu contexto significativo, os conhecimentos precedentes dos estudantes, o que pode ser aprendido e os obstáculos que podem ser encontrados na solução da tarefa.

Concebida dessa forma, a pedagogia das Situações-Problema demonstra alguns desafios do ofício de ensinar. Por exemplo, estimular o desejo de saber, preocupar-se em sua apropriação e facilitar a cada pessoa a elaboração progressiva de estratégias de resolução de problema (MEIRIEU, 1998).

Ao trabalhar com SP, uma perspectiva mais ampla pode ser adotada abordando situações instigantes e adequadas à faixa etária e o nível de aprendizado dos alunos, bem como o tempo disponível e as competências a serem trabalhadas.

## 2.2 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

Em busca de uma sala de aula mais interativa, onde o espaço seja de construção do conhecimento para os estudantes, pesquisa e de crescimento profissional para o professor, surge a importância da alfabetização científica. A alfabetização científica refere-se à capacidade de compreender, utilizar e analisar informações científicas de forma crítica e reflexiva. Trata-se de desenvolver habilidades e conhecimentos que permitam aos alunos participarem ativamente do mundo científico e tomar decisões informadas (Sasseron, 2011).

De acordo com Sasseron (2015), a alfabetização científica envolve não apenas a aquisição de conceitos científicos, mas também o desenvolvimento de habilidades investigativas, a compreensão dos processos científicos e a capacidade de tomar decisões baseadas em evidências. É um processo contínuo que vai além da memorização de fatos, incentivando a investigação, o questionamento e o pensamento crítico.

Esse método permite que os alunos se tornem cidadãos informados e participativos na sociedade atual, onde questões científicas e tecnológicas estão cada vez mais presentes. Conforme aponta McNeill (2011), a alfabetização científica é essencial para a tomada de decisões informadas em áreas como saúde, meio ambiente, tecnologia e política (MCNEILL, 2011). Ela capacita os indivíduos a analisar evidências, avaliar argumentos e formar opiniões embasadas em dados científicos.

Além disso, o uso dessa técnica ajuda no pensamento crítico e a capacidade de resolver problemas complexos. Segundo Osborne e Dillon (2008), a alfabetização científica envolve a habilidade de identificar e analisar problemas, formular hipóteses e realizar experimentos. Ela capacita os alunos a aplicar o método científico na resolução de questões do mundo real, desenvolvendo habilidades de raciocínio lógico e tomada de decisões fundamentadas.

A alfabetização científica também está diretamente relacionada ao engajamento dos alunos com a ciência. Conforme destacado por Allchin (2011), a alfabetização científica promove o interesse e a curiosidade dos alunos pela ciência, criando uma base sólida para o aprendizado ao longo da vida e uma apreciação mais profunda da natureza da ciência. Ela proporciona uma compreensão mais ampla e significativa do mundo natural, despertando o interesse pelos fenômenos científicos e incentivando a exploração e o aprendizado contínuo.

Alguns indicadores, conforme Nunes (2023), nos permitem perceber se a Alfabetização Científica está acontecendo ou não em sala de aula, como a seriação da informação, onde o professor pede aos estudantes, por exemplo, que listem os tipos de



aparelhos da sua casa que emitem radiação; organização da informação (modo), onde o aluno explica como está fazendo a organização dessas informações; classificação da informação (hierarquia), momento em que começam a estabelecer uma hierarquia como, por exemplo, fazendo a separação entre radiação natural e artificial; trabalho como raciocínio lógico, onde algo é explicado e com isso os alunos refletem sobre um pensamento que tenham, escrevendo ou falando; e raciocínio proporcional, onde conseguem explicar a relação entre duas variáveis como: quanto maior a exposição à radiação, maiores consequências ao organismo humano.

Nunes (2023) também trata dos eixos estruturais correspondentes à alfabetização científica.

Os eixos integrados da alfabetização científica são os principais elementos que compõem a formação de indivíduos para uma compreensão mais completa e crítica da ciência. Esses eixos englobam diferentes aspectos do conhecimento científico e habilidades necessárias para que as pessoas se tornem mais familiarizadas com a ciência e suas aplicações (NUNES, 2023).

De acordo com a autora, o **primeiro** destes eixos diz respeito aos conceitos importantes, fundamentais: a definição do que é célula, do que é força, o que é massa, o que é átomo, essas definições, essas terminologias básicas que a gente entende como sendo o primeiro eixo. O que é energia? Não que tenha que fazer uma definição desse conceito, pois definir energia é algo bastante complexo.

Já o **segundo** de tais eixos, lembra a autora (NUNES, 2023), corresponde ao fato de que a ciência tem um componente social bastante importante e relevante, ou seja, que a sociedade interfere, influencia e é influenciada pela ciência. É quando, em sala de aula, trabalhando um conjunto de conhecimentos, conhecimentos que estão em transformação por meio de processo de aquisição e análise de dados, síntese e decodificação de resultados, originando diferentes saberes, fornecemos ao aluno algumas condições para que entenda que existe um caráter humano e social na investigação científica.

Quanto ao **terceiro** de tais eixos, este ajuda a reconhecer que a ciência e a tecnologia estão presentes na vida de cada estudante. Dá ideia de como a cidadania e a sustentabilidade podem ser almeçadas dentro de conceitos, a partir de conceitos de conhecimentos científicos (NUNES, 2023).

### 2.3 OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Quando se trata de alfabetização científica, também conforme Nunes (2023), é possível mencionar os três momentos pedagógicos que lhe dizem respeito e que serão discutidos na presente seção.

O primeiro momento pedagógico é denominado problematização inicial. Nesse momento são apresentadas aos estudantes questões ou situações, visando mais do que uma motivação, uma ligação real entre o que os estudantes conhecem e vivenciam, mas não conseguem interpretar completamente ou de forma correta, por não dispor dos conhecimentos científicos necessários. A problematização pode ocorrer em dois sentidos, pelo menos: em que se opõem as concepções prévias do estudante de um lado e do outro o problema a ser resolvido, onde o estudante reconhece que necessita de mais conhecimento para solucionar o problema. Nesse momento o professor deve exercer o papel de questionador, lançando dúvidas ao invés de responder e fornecer explicações (DELIZOICOV *et al.*, 2002).

O segundo momento pedagógico é denominado organização do conhecimento. Esse é o momento de estudar os conceitos científicos necessários para compreensão do tema e da problematização inicial e devem ser sistematicamente estudados sob a orientação do professor. Esse momento é desenvolvido de acordo com os objetivos de estudo definidos, com o livro didático e/ou outros recursos disponíveis, ressaltando-se pontos importantes com o fim de organizar a aprendizagem. Dentre as atividades sugeridas estão: exposição, sete formulações de questões, textos para discussões, trabalho extraclasse, revisão e experimentos (DELIZOICOV *et al.*, 2002).

O terceiro momento é denominado aplicação do conhecimento. Este tem por objetivo abordar sistematicamente o conhecimento que o estudante se apropriou, a fim de se analisar, tanto os problemas iniciais como diferentes contextos em que aquele mesmo conhecimento é aplicado, gerando no estudante a concepção de que o conhecimento além de ser uma construção historicamente determinada, está acessível ao cidadão e, deve ser aprendido para que possa ser utilizado, e reduzindo a excessiva dicotomização entre o saber teórico e prático (DELIZOICOV *et al.*, 2002).

Vale ressaltar que nas AEPs (Atividades Experimentais Problematizadoras) os três momentos pedagógicos foram correlacionados com as fases do espiral de responsabilidade de Waks:

O conceito de alfabetização científica, no campo da formação profissional, é então associado ao conceito de saber funcional, tendo em vista que o saber

do técnico é prioritariamente voltado para a resolução de problemas concretos e para a intervenção profissional enquanto detentor de saberes úteis, significativos e pertinentes (LACERDA, 1997, p.92).

Nesta perspectiva, surgem desafios associados a encontrar maneiras que sejam capazes de proporcionar uma alfabetização científica adequada para alunos da educação profissional.

## **2.4 A TEORIA SOCIOCULTURAL DE VYGOTSKY**

A teoria de Vygotsky, desenvolvida pelo psicólogo russo Lev Vygotsky, enfatiza a importância das interações sociais e do contexto sociocultural na aprendizagem. Segundo Vygotsky (1979), o aprendizado é um processo social e não individual (VYGOTSKY, 1979). Ele argumenta que as interações com outras pessoas mais experientes, como pais, professores e colegas, desempenham um papel crucial no desenvolvimento cognitivo dos indivíduos.

Um conceito central na teoria de Vygotsky é a "zona de desenvolvimento proximal". Vygotsky define essa zona como a distância entre o nível de desenvolvimento atual determinado pela capacidade de resolver problemas de forma independente e o nível de desenvolvimento potencial determinado através da resolução de problemas sob orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes (VYGOTSKY, 1979). Ele enfatiza que a aprendizagem efetiva ocorre quando os alunos são desafiados a avançar além de seus limites atuais com o suporte apropriado.

O contexto sociocultural exerce uma influência significativa na aprendizagem. As funções mentais superiores do indivíduo têm sua origem nas relações sociais (VYGOTSKY, 1979). O ambiente social e cultural em que as pessoas estão inseridas molda suas percepções, crenças e valores, influenciando diretamente o processo educacional.

A linguagem desempenha um papel fundamental nessa teoria. A linguagem é a principal ferramenta que media o pensamento (VYGOTSKY, 1979). Para Vygotsky, a linguagem não apenas permite a comunicação, mas também é um meio de compartilhar conhecimentos, construir significados e desenvolver habilidades cognitivas mais avançadas.

A teoria de Vygotsky, amplamente utilizada no contexto educacional, enfatiza a importância das interações sociais e do contexto sociocultural na aprendizagem. O desenvolvimento cognitivo ocorre em um contexto social e cultural, por meio da interação com outras pessoas e da apropriação dos símbolos e ferramentas culturais (VYGOTSKY, 1979). Ele argumenta que o processo educacional não pode ser dissociado do ambiente social em que ocorre.

Vygotsky (1979) destaca o papel do professor como mediador do processo de aprendizagem. O educador deve desempenhar um papel ativo na promoção do desenvolvimento cognitivo dos alunos, fornecendo ajuda e apoio estruturados para atingir o próximo nível de desempenho (VYGOTSKY, 1979). O professor deve criar situações desafiadoras que estejam dentro da zona de desenvolvimento proximal dos alunos, estimulando-os a superar seus limites atuais.

No contexto da sala de aula, a teoria de Vygotsky destaca o papel do professor como mediador do processo de aprendizagem. O professor deve criar situações desafiadoras, que estejam dentro da zona de desenvolvimento proximal dos alunos, estimulando-os a avançar em seu desenvolvimento cognitivo. O papel do professor é de um facilitador, fornecendo apoio adequado e orientação, de forma a promover o progresso dos alunos em direção ao seu potencial máximo.

Além disso, a teoria de Vygotsky destaca a importância do trabalho colaborativo entre os alunos. Como afirma Vygotsky (1979), a interação entre pares é fundamental para a aprendizagem, pois permite a troca de conhecimentos, a negociação de significados e a construção conjunta do conhecimento (VYGOTSKY, 1979). Nesse sentido, a sala de aula se torna um espaço social de aprendizagem, no qual os alunos podem se envolver em atividades coletivas que promovam a construção de conhecimento de forma colaborativa.

## **2.5 RELAÇÕES CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE - CTS E O ENSINO DA FÍSICA**

A abordagem CTS integra conteúdos específicos e seus processos de produção, estimulando estudantes a construir o seu próprio conhecimento. Assim, o ensino das ciências deve proporcionar a compreensão do meio ambiente, potencializando a participação da sociedade civil (SILVA; PESSANHA; BOUHID, 2011).

De acordo com Krasilchik (2000), a ciência e a tecnologia são consideradas como atividades essenciais para que ocorra o desenvolvimento econômico, cultural e social, desse modo o ensino das ciências faz parte dos movimentos transformadores educacionais e em todas as suas esferas, os objetivos educacionais devem ser atrelados a conhecimentos práticos, com uma visão ampliada, coadunando com aspectos da cultura e com uma visão crítica de mundo.

Cada disciplina específica deve propor em sua conjuntura educacional competências e habilidades que potencializam os estudantes a assumir intervenções na sociedade exercendo assim a sua cidadania (ALMEIDA, 2008).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) indicam que o docente deve promover discussões e reflexões sobre todas as relações existentes e possíveis entre ciência, tecnologia e sociedade, assumindo uma educação tecnológica, que não exige modelos, regras, classificações, gráficos, mas a compreensão da raiz desses modelos e regras (OLIVEIRA *et al.* 2014).

O ensino da Física empenha-se em se direcionar para a vida, uma vez que considera o real contexto do mundo contemporâneo e todos os seus avanços no campo tecnológico, em que pese ser uma das principais tarefas do professor colaborar para a formação pessoas minimamente conscientes, habilidosas nas tomadas decisão e em sua atuação na sociedade (ALMEIDA, 2008).

No tocante ao ensino de ciências em geral, e sobretudo da Física, a capacidade de potencializar maneiras de interpretar o mundo está em voga, lidando com conceitos, leis e teorias científicas, desvelando aspectos históricos, sociais e culturais (BRASIL, 2002).

O ensino da Física tem sido realizado através de proposições científicas no formato de definições, leis e princípios ditos como verdades, sem problematização e/ou diálogo mais detalhado entre as teorias e a realidade. Essa proposta de ensino cerceia as oportunidades de obter mais investigações e argumentações sobre variados temas e fenômenos (OLIVEIRA; CARMO; MACIEL, 2015).

De acordo com Munford e Lima (2007), os estudantes demonstram dificuldade para correlacionar os conteúdos científicos com a vida real e cotidiana, construindo por vezes representações desapropriadas da ciência.

A responsabilidade para a efetivação de um aprendizado de qualidade no Ensino Médio favorecendo o processo formativo crítico e autônomo, não se limita ao professor, mas se estende ao órgão responsável por ofertar a educação básica, seja na esfera pública ou privada. Como exemplo, pode ser mencionado aqui sobre o quantitativo de estudantes, os recursos oferecidos, a valorização profissional entre outras questões que impossibilitam um ambiente de ensino adequado e de qualidade (ARAUJO; BRAGA; KILLNER, 2015).

Portanto, é necessário que a formação docente seja no sentido de torná-los agentes transformadores, capazes de desenvolver atividades pedagógicas que favoreçam o ensino e aprendizagem induzindo a curiosidade, argumentação e discussão crítica sobre os conteúdos

abordados, características tais que coadunam com uma modalidade de ensino não mecânico, mas ativo e investigativo.

Conforme explana Sasseron e Carvalho (2008) os estudantes durante um processo de ensino-aprendizagem ativo conseguem expressar seus questionamentos e considerações sobre cada assunto abordado, além de compreender os assuntos de forma coletiva.

A inserção da Física Moderna e Contemporânea no âmbito do Ensino Médio é relevante para a compreensão das tecnologias mais recentes e também à crítica de dilemas ou paradigmas que envolvem ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, cuja proposta é apresentada na Proposta Curricular Nacional (PCN), em que pese, a disciplina Física deve compor-se como um conjunto de habilidades específicas que possam ser aplicadas diante de fenômenos naturais e também de tecnologias, de modo contextualizado, multidisciplinar, demonstrando que o conhecimento proporcionado pode ser útil nas formas de pensar e agir (BRASIL, 2013).

Nas últimas décadas, muitos pesquisadores do Ensino da Física vêm realizando pesquisas voltadas à educação e construção de material didático com diferentes abordagens metodológicas para a capacitação de professores no intuito de tornar o ensino de Física Moderna (FM) mais eficaz no Ensino Médio (COLPO; FARIA; MACHADO 2015).

Percebe-se que ainda é predominante na literatura, os tópicos mais simples da Física Moderna e Contemporânea. Entretanto, as inovações em metodologias de ensino ainda estão ocorrendo paulatinamente aos trabalhos (JORDÃO; BARRIO 2015; PIRES; SILVA; SILVA, 2015; SOUZA; MARTINS, 2015).

A abordagem de temas de Física em revistas dirigidas a profissionais da educação é uma colaboração importante para a atualização curricular (OSTERMANN; MOREIRA, 2001). Nesse sentido, se requer um investimento para inserir esses tópicos no Ensino Médio, verificando assim os resultados de aprendizagem em condições reais.

A Física das Radiações, por exemplo, não é geralmente aplicada dentro da Física no Ensino Médio com outros tópicos da FM (WESENDONK; TERRAZZAN, 2015). Uma pesquisa realizada por Renner e Krueger (2016) expõe que há, em linhas gerais, um sentimento de insegurança por parte dos professores em relação aos conteúdos, considerados de difícil aplicação prática, além de abordagens diferenciadas.

Dentre as possibilidades para o ensino de Física das Radiações há o desenvolvimento sobre as relações entre, Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), o que implica em associar os conteúdos da ciência ao contexto da tecnologia e do social, relacionando a didática em sala de aula com o real cotidiano, levando cada estudante a refletir sobre o meio que lhes cerca, as

consequências do uso do conhecimento científico, e em possíveis consequências (CUNHA, 2006).

Observa-se que seria ideal se cada estudante soubesse um pouco sobre a natureza das interações cotidianas, a energia envolvida nas transformações nucleares e todas as demais aplicações como na indústria, agricultura ou medicina.

Trabalhar em sala de aula com a temática de radiações e unida ao CTS pode promover uma aprendizagem eficiente e significativa, tornando o sujeito mais crítico e mais consciente sobre a ciência, ampliando seus enfoques de estudo, desenvolvendo a habilidade da crítica e, portanto, coadunando com o que indica os PCN para o Ensino Médio (FREIRE, 2007).

Na área de radiologia, por exemplo, as radiações são aplicadas à realização de diagnóstico e ao tratamento de patologias diversas, utilizando assim os conhecimentos de física direcionados à medicina, nos procedimentos de radioterapia e de radiodiagnóstico, entre outros.

A sociedade contemporânea depende cada vez mais do uso de tecnologias avançadas que envolvem radiações e microtecnologia. É fundamental incluir esses tópicos no currículo do ensino médio, a fim de capacitar os jovens com habilidades necessárias para avaliar os riscos e benefícios associados ao uso de diversas formas de radiação. Além disso, é importante que compreendam os recursos de diagnóstico médico, como radiografias e tomografias, bem como acompanhem as discussões relacionadas aos problemas associados à energia nuclear. Também é essencial que entendam a importância dos novos materiais e processos utilizados no desenvolvimento da informática (BRASIL, 1999).

## **2.6 OS PCNS E O ENSINO DA FÍSICA MODERNA**

Os PCNs são documentos oficiais que servem como referência para o Ensino Fundamental e Ensino Médio (EM) em todo país e foram construídos por especialistas da educação ligados ao Ministério da Educação (MEC) desde a década de 1990, estando atrelado ao Plano Nacional de Educação (PNE) com o objetivo de ventilar os princípios da reforma curricular bem como de orientar os docentes e escolas em busca de novas abordagens e metodologias (MENEZES; SANTOS, 2001).

Com esses documentos, o MEC visionava que a educação brasileira se tornasse mais eficiente por meio dos currículos das escolas e seus conteúdos mínimos, definidos na Base Nacional Comum Curricular.

Para o EM, a última etapa da educação básica, o documento objetiva trazer reflexão aos educadores sobre sua prática pedagógica cotidiana que servisse de auxílio no planejamento das aulas e, também, no desenvolvimento do currículo para viabilizar o trabalho em cada esfera do conhecimento (BRASIL, 2002).

As Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) apontam os temas “Matéria e Radiações”, “Matéria e suas propriedades”, “Radiações e suas interações”, “Energia Nuclear” e radioatividade” e “Eletrônica e Informática” e indicam as seguintes competências: identificar diferentes tipos de radiações presentes na vida cotidiana, reconhecendo o espectro eletromagnético (das ondas de rádio aos raios gama) e sua utilização através das tecnologias a elas associadas (radar, rádio, forno de micro-ondas, tomografia etc.; compreender as interações das radiações com meios materiais para explicar os fenômenos envolvidos; avaliar efeitos biológicos e ambientais do uso de radiações não ionizantes; Avaliar os efeitos biológicos e ambientais e medidas de proteção, da radioatividade e radiações ionizantes (BRASIL, 2006).

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio (2006), destinadas às disciplinas de Ciências da Natureza, e Tecnologias, indicam a necessidade de revisitar práticas educativas no ensino de Matéria e Radiação, pois a mesma apresenta elevado potencial para a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, intimamente atrelada às tecnologias e com lacuna no material didático que aborde essa temática.

A componente Física se organiza em seis unidades temáticas, sendo a de número cinco o estudo da Matéria e Radiação, constituição e interações, constituição macroscópica e microscópica da matéria, sucessão histórica de modelos da composição infinitesimal das substâncias, a sistematização das radiações eletromagnéticas e suas aplicações diagnósticas e terapêuticas (BRASIL, 2002), cujos objetivos são:

Identificar diferentes tipos de radiações presentes na vida cotidiana, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético (das ondas de rádio aos raios gama) e sua utilização através de tecnologias a elas associadas (radar, rádio, forno de micro-ondas, tomografia etc.) [...] Compreender os processos de interação das radiações com os meios materiais para explicar os fenômenos envolvidos em, por exemplo, fotocélulas, emissão e transmissão de luz, telas de monitores, radiografias... (BRASIL, 2002, p. 78).



Segundo os PCNs, a Física é um composto de conhecimentos capaz de explicar os fenômenos macroscópicos e microscópicos universais, ao passo em que permite o desenvolvimento de outras possibilidades de energia, produtos e tecnologias.

Assim, a Física deve ser incorporada à cultura do aluno a fim de proporcionar ao educando uma compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos tecnológicos do cotidiano doméstico e profissional (GUIMARÃES, 2009). Além disso, os aspectos da Física Moderna (FM) são essenciais para uma compreensão sobre a matéria, sobre as radiações e suas aplicações, bem como para um entendimento de diferentes e novos materiais usados no desenvolvimento da tecnologia.

Os jovens de hoje têm acesso facilitado às tecnologias e atrelado a isso temos curiosos e interessados em discutir temas ligados a tecnologias, associados aos conhecimentos da FM. Entretanto, o que se vivencia é que o ensino desses temas no EM na rede pública não é priorizado e não tem acompanhado o desenvolvimento tecnológico, distanciando a real necessidade de conhecimento sobre as descobertas científicas no campo da Física (GUIMARÃES, 2009).

Diversas pesquisas evidenciam que os professores, em geral, não priorizam os conteúdos de FM durante suas aulas justificando-se através do fato de encontrarem obstáculos tais como a lacuna na formação docente nos cursos de licenciatura, a escassez de uma formação continuada, material didático desatualizado, conteúdo extenso a ser ensinado, a pressão do vestibular e ainda pelo fato de que alguns professores não acreditarem no potencial dos alunos em aprender conceitos mais abstratos (SILVA *et al.*, 2012).

Quanto à escassez de material didático, ao longo do tempo, percebe-se uma mudança significativa nos livros didáticos de Física do EM recrutados para o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino médio (PNLEM), que passaram a inserir tópicos de Física Moderna. Souza (2009) apresenta em seu trabalho uma sequência didática em que a física das radiações é aplicada com estudantes do EM através das noções de marcadores desenvolvida no contexto da transposição didática.

Erthal e Linhares (2008), de acordo com a teoria sócio-histórico-cultural de Vygotsky, sugerem um conteúdo pedagógico contendo tarefas para o ensino das radiações eletromagnéticas e sustentam que entre os elementos que impedem a inserção do tema sobre as radiações no currículo de Física do EM está a ausência de uma proposta que viabilize uma transposição didática para esse nível de ensino.

Barboza (2012) desenvolveu atividades para que houvesse um tipo de ensino mais atual e contextualizado de Física com ênfase nas Radiações Solares, sobretudo por se tratar de

um tema relacionado com o cotidiano do estudante, o que facilita o processo de ensino-aprendizagem.

Dessa forma, o ensino de Física deve motivar os estudantes a acompanharem as atualidades científicas, capacitando-os a identificar os temas abordados e fornecendo ferramentas para a compreensão de seus significados. É importante que eles se mantenham informados sobre notícias como missões espaciais, novos métodos de extração de água subterrânea, avanços em técnicas de diagnóstico médico baseadas em princípios físicos, desenvolvimento de comunicação via satélite e tecnologia de telefonia celular. Essas informações, frequentemente encontradas em jornais e programas de televisão, também devem ser abordadas em sala de aula (PCN, 2000).

Pereira (2014) descreve, a partir de sua pesquisa, várias tarefas educacionais de aferição de radiações utilizando uma estrutura experimental de baixo onerosidade, o que caracteriza uma ótima experiência pedagógica.

Vilela (2015) sugere atividades para alunos do 3º ano da Educação de Jovens e Adultos do Ensino médio (EJAEM) em uma proposta que desmistifica o estereótipo de que toda radiação é negativa e gera prejuízos. Cardoso (2017) apresenta uma sequência didática de inserção de Física das Radiações, com base nos Parâmetros Curriculares Nacionais e nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio para a disciplina de Física do Ensino Médio evidenciando que as atividades desenvolvidas colaboram para a construção, por parte dos estudantes, de uma visão crítica acerca do uso da tecnologia nuclear.

Jesus (2015) desenvolveu também um produto educacional com o intuito de estimular a aprendizagem significativa de conceitos de FMC a partir da Teoria de Produção e Emissão de Radiação X para o EM. Já Barros (2018), construiu uma intervenção didática aglomerando conceitos de radiações aos avanços tecnológicos presentes na vida dos indivíduos.

Silva (2018) sugere a introdução da física nuclear no 9º ano do Ensino Fundamental através de uma metodologia baseada em aula expositiva, roda de leitura e jogo de tabuleiro. Passinho (2018), ao realizar uma sequência didática estruturada nos três momentos pedagógicos, para o ensino de Ondas Eletromagnéticas com foco principal no funcionamento do aparelho celular para uma turma de Educação de Jovens e Adultos (EJA).

## **2.7 CONCEPÇÕES DE ESTUDANTES SOBRE RADIAÇÕES E MOTIVAÇÃO PARA O APRENDIZADO**

As concepções de muitos estudantes geralmente fazem parte das ideias pessoais e oriundas de informações ventiladas nas mídias ou em redes sociais incluindo as ideias que surgem a partir de conflitos informais do cotidiano que não dialogam com os saberes científicos (SCHNETZLER; ARAGÃO, 1995).

Essas concepções do senso comum podem impactar no real aprendizado da Física. Segundo Kohnlein (2001), mesmo após as instruções formais, estudantes continuam tentando responder questões de Física a partir de concepções alternativas a da ciência. Esta pode ser considerada uma das principais causas que limitam o conhecimento científico na escola.

As concepções não formais dos alunos se desvelam como crenças intuitivas, idiossincráticas e cientificamente pouco evoluídas no tocante aos modos de compreender o mundo. Este suposto conhecimento apreendido por meio social e midiático, que versa sobre os diferentes fenômenos e antecede o pensamento crítico, espelha um verdadeiro bloqueio ao pensamento crítico que dá origem ao conhecimento científico condicionado a um princípio epistemológico (VALADARES, 1995).

Conforme nos aponta Ostermann e Moreira (2000), há um considerável quantitativo de trabalhos sobre Física Moderna no Ensino Médio, mas há uma quantidade limitada de trabalhos sobre as concepções que os estudantes explanam em sala de aula sobre radiação apontando assim a necessidade de mais estudos sobre o tema.

Costa e Costa (2002) em uma de suas pesquisas, relata que o real conhecimento de estudantes sobre física e sobre radiação é limitado, sendo necessário enfatizar esse tópico, suas aplicações e a prevenção de acidentes pessoais.

Prestes *et al.* (2008) descrevem a partir de uma investigação piloto sobre os conceitos de estudantes do ensino médio e evidencia que são noções muito vagas e desarticuladas da realidade em que pese uma significativa parcela ter escutado falar de raios X e de raios ultravioleta, mas sem compreensão adequada de seus efeitos nos organismos, não conseguindo, inclusive, distinguir a radiação ionizante da não ionizante.

Rodrigues (2011) pesquisou crianças de diferentes contextos socioculturais e o que havia de conhecimento sobre o tema Radiação e Proteção Solar em que pese os resultados apontarem que muitos estudantes super valorizaram as concepções oriundas de conhecimentos do senso comum do que aquelas comprovadas por meio do conhecimento de âmbito científico, e as ideias expressas pelas crianças, são confirmadas em geral por suas mães.

Medeiros e Lobato (2010) investigaram as concepções sobre radiação com estudantes do Ensino Médio, para o desenvolvimento de um material didático e os resultados apontaram

que o termo “radiação” estava associado com prejuízos causados a sociedade. Após o uso do material didático que foi elaborado, essa associação inicial foi alterada.

Nesse ponto, confirma-se a ideia de que elaborar uma sequência didática fortalece o conhecimento científico e consegue, de fato, alterar as concepções de estudantes, que inicialmente se fundamentam em opiniões do senso comum sem quaisquer comprovações.

Ferreira e Hosoume (2005) pesquisaram entre alunos do ensino de Educação para Jovens e Adultos (EJA) seus conceitos sobre radiação, concluindo que a maioria desses estudantes desconhecia o conceito de radiação bem como a sua natureza, demonstrando inclusive receio, pois muitos associaram o tema a fenômenos considerados como perigosos, a exemplo, de choques elétricos e morte por câncer ou por lesões à saúde.

Silva Junior (2011) analisa em um de seus trabalhos que licenciados em física possuem concepções fisicamente corretas dos termos calor e luz, atrelando-os a propagação de energia através de partículas e ondas. Entretanto, quando se trata da natureza da radiação, definem de modo confuso, ponderando ainda que a respeito do perfil conceitual de radiação, a concepção predominante é a teoria quântica da energia, e coexistem rastros de concepções do senso comum presentes no meio familiar. Dutra (2010), em uma pesquisa com estudantes do Ensino Médio, pondera que esses associam a radiação a ondas eletromagnéticas e raios a exemplo do Sol.

Ressalta-se que de nada adianta o docente selecionar o conteúdo, objetivos, planejar a atividade de aprendizagem pensando nos experimentos mentais, se ele não preparar atividades que de fato mobilizem e motivem os alunos, articulando os conteúdos curriculares com os conhecimentos e experiências que são levados à sala de aula pelos estudantes.

Davidov (1999) afirma que:

as necessidades e desejos compõem a base sobre a qual as emoções funcionam. O termo “esfera das necessidades e emoções” surgiu na psicologia e não sem razão. A partir de nossas observações da vida real e de alguns dados de pesquisa, podemos entender que as emoções e necessidades não podem ser consideradas separadamente, pois as necessidades se mostram através de manifestações emocionais (DAVIDOV, 1999, p.7).

O autor expõe que a atividade deve ser constituída a partir da observação das demandas, exercícios, ações e condutas, e acrescentar um componente que possa modificar substantivamente a formulação inicial, alegando que:

Acredito que o desejo deve ser considerado como um elemento da estrutura da atividade. [...] O termo desejo reproduz a verdade essencial da questão: as emoções são inseparáveis de uma necessidade. [...] Em seus trabalhos, Leontiev afirma que as ações são conectadas às necessidades e motivos. [...] Ações, como formações integrais, podem ser conectadas somente com necessidades baseadas em desejos – e as ações ajudam na realização de certas tarefas a partir dos motivos (DAVYDOV, 1999, p.41).

Como despertar o interesse do aluno em adquirir conhecimentos novos, pois o aluno em questão é o sujeito da própria aprendizagem, constituído de expectativas individuais, portador de saberes e experiências? Nessa perspectiva, a sala de aula é um espaço de trocas reais entre os alunos e entre estes e o professor. O diálogo, assim, se estabelece a partir da interseção de conhecimentos, levando em conta a realidade do mundo que os envolve.

Trazer o mundo externo para dentro da escola é favorecer o acesso a novas formas de compreensão em torno de ações pedagógicas em que podem ser assimiladas as propriedades do conhecimento teórico.

Os obstáculos no Ensino de Física, especialmente no Ensino Médio, não são um assunto recente, a exemplo de trabalhar a motivação dos estudantes, que podem inclusive não ver sentido em estudar a disciplina. A Física é uma disciplina complexa que vem acompanhada do uso excessivo de fórmulas, fato que pode agravar ainda mais essas opiniões.

A Física, enquanto conjunto de conhecimento independente das Ciências Naturais, é apresentada aos alunos da educação básica no último ano do Ensino Fundamental e é a partir de então que se iniciam as dificuldades, sendo comum presenciarmos no Ensino Médio, professores de Física com dificuldades em construir conhecimentos de maneira prazerosa e contextualizada. Por vezes, a Física é vista pelos próprios professores como uma disciplina difícil de ser ensinada, o que pode colaborar com o desinteresse e dificuldade de aprendizagem dos conteúdos por parte dos estudantes (ANTONOWISKI, 2017).

Sobremodo influenciado pela lacuna de experimentos, o ensino da Física se encontra condicionado de modo excessivo ao livro didático, da aula expositiva, e um quantitativo reduzido de aulas, ademais também conta com o currículo desatualizado e descontextualizado e da capacidade limitada de professores (PEDRISA, 2001). Algumas mudanças que vêm ocorrendo no ensino se associam ao maior uso de tecnologias de informação e comunicação, o que levanta outros desafios aos professores como o manejo de outras metodologias (VAILLANT; MARCELO, 2012).

Atividades experimentais que podem ser realizadas em sala de aula ou em laboratórios devem ser consideradas essenciais para o aprendizado do aluno e para maior assimilação das teorias.

A experimentação é discutida há tempos e é apontada como um recurso em potencial no desenvolvimento de conceitos (GALIAZZI, 2001). As atividades experimentais viabilizam a aplicação de modo prático e remetem a situações do cotidiano. Segundo Guimarães (2009), a experimentação se mostra uma excelente estratégia para a criação de problemas reais, que permitam a contextualização, e potencializam a motivação e a investigação.

A experimentação é uma ferramenta que favorece o desenvolvimento da curiosidade, do questionamento, e evita a interpretação como algo inerte e inquestionável, sendo indispensável para o desenvolvimento das competências em Física e construção do conhecimento (BRASIL, 2000). De acordo com Reis (2013), o uso de experimentos no ambiente escolar é potente ferramenta no Ensino de Física, porque, através deles ocorrem as interações sociais, o diálogo e a troca de informações, capazes de contribuir para a compreensão dos fenômenos naturais e tecnológicos.

Geralmente, as atividades experimentais são utilizadas para reforçar a aprendizagem mediante aos conteúdos teóricos, tornando-se assim enriquecedoras pois conseguem correlacionar as práticas experimentais com o cotidiano, tornando os conceitos teóricos de entendimento fácil e prático, possibilitando uma visão mais articulada dos fenômenos físicos (SÉRÉ, 2003).

Nesta perspectiva, a atividade experimental no Ensino da Física potencializa uma mudança de postura do aluno diante dos conteúdos de Física, sendo inclusive possível que a experimentação seja uma metodologia que supere os obstáculos epistemológicos do conhecimento comum (AGUIAR; CASTILHO, 2017).

Ao investigar os limites dos modelos tradicionais de ensino, a abordagem da Física Moderna se torna um tópico à parte da Física Clássica. A ligação com a Física Clássica aproxima esse conteúdo do estudante gerando assim menos dificuldade no tocante a aceitação e compreensão. Ademais, também se pondera que estudantes compreendem bem a Física Clássica de acordo com seus limites (GIL; SOBES2, 1993 apud ALVETTI, 1999).

Souza e Sasseron (2012), despontando no final do século XIX, afirmaram que:

entende-se que é por meio da linguagem, em seus diversos gêneros textuais e das interações discursivas, que professores e estudantes constroem as bases para um ensino cuja proposta vise à alfabetização científica. A aprendizagem científica é um processo de transição dialógica de uma linguagem abstrata e

comum para uma linguagem científica, com suas características particulares, sendo que as linguagens não são excludentes, e sim complementares, tendo em vista suas significações simbólicas. Nessa perspectiva, o professor tem papel importante para construir e incentivar o uso da linguagem científica em seu trabalho docente (SOUZA e SASSERON, 2012 p. 34).

Cachapuzet *et al.* (2005) em seu livro intitulado “A necessária renovação no ensino das ciências” diz que as dificuldades encontradas no ensino das ciências estão relacionadas com a falta de significados aos alunos, entrando no que salientou Ricardo (2004) sobre a falta de articulação entre a física da escola e a realidade do aluno. Cachapuzet *et al.* (2005) ressalta que é por meio da AC que a ciência se torna acessível à maioria dos cidadãos. No seguimento, Sasseron (2008) relata que nesta mesma medida, cada vez mais a população torna-se mais subordinada e propensa aos benefícios e prejuízos que os avanços científicos e tecnológicos são capazes de lhes trazer e, devido a essa inquietação, foi e deve continuar sendo desencadeada uma série de ações em nível institucional e governamental.

## **2.8 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO**

No contexto, então, desta discussão acerca da motivação para o aprendizado é que se pode recordar o trabalho de Pessoa de Carvalho (2018) acerca do ensino de física por investigação. Na verdade, seu trabalho, um estudo de caso, busca averiguar de que forma atividades investigativas podem contribuir para o aprendizado de ciências pelos educandos do Ensino Fundamental I.

Ao trazer as considerações de Pessoa de Carvalho (2018) para o universo deste trabalho, percebe-se que o ensino de física por investigação é de extrema importância para o desenvolvimento cognitivo e científico dos estudantes. Ao invés de apenas receber informações teóricas e fórmulas prontas, os alunos são incentivados a explorar e descobrir os princípios e leis da física através de experimentos práticos e análise de resultados.

Através dessa abordagem, diz Pessoa de Carvalho (2018), os estudantes são estimulados a construir seu próprio conhecimento, desenvolvendo habilidades como observação, análise, interpretação e resolução de problemas. Eles passam a entender a física não apenas como uma matéria abstrata e distante da realidade, mas sim como uma disciplina que está presente em todos os fenômenos do cotidiano.

Além disso, o ensino de física por investigação também promove a construção do pensamento crítico e o desenvolvimento do método científico. Os alunos aprendem a formular hipóteses, planejar experimentos, coletar dados e analisá-los de forma rigorosa, utilizando

ferramentas e técnicas adequadas. Dessa forma, eles se tornam capazes de fazer questionamentos, buscar respostas e propor soluções para problemas reais (PESSOA DE CARVALHO, 2018).

Outro ponto importante, afirma Pessoa de Carvalho (2018), é que o ensino de física por investigação proporciona aos alunos uma maior motivação e interesse pela disciplina. Ao participarem ativamente das aulas, eles percebem que a física é uma ciência dinâmica e desafiadora, capaz de explicar fenômenos naturais e tecnológicos complexos. Esse envolvimento aumenta a vontade de aprender e aprofundar os conhecimentos, tornando o ensino mais significativo e duradouro.

A abordagem investigativa, prossegue a autora, permite uma maior contextualização dos conteúdos. Os alunos conseguem compreender como a física está presente em sua vida cotidiana, desde a eletricidade que utilizam em casa até os movimentos dos corpos celestes. Essa conexão com a realidade torna o aprendizado mais relevante e facilita a internalização dos conceitos.

O ensino de física por investigação, então, é de extrema importância para o desenvolvimento cognitivo e científico dos estudantes. Ao invés de apenas receber informações teóricas e fórmulas prontas, os alunos são incentivados a explorar e descobrir os princípios e leis da física através de experimentos práticos e análise de resultados.



### 3 RADIAÇÕES, ONDAS ELETROMAGNÉTICAS: MALEFÍCIOS E BENEFÍCIOS

#### 3.1 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS – RADIAÇÕES

A era da globalização favorece a rápida chegada de informações, viabilizadas sobretudo por tecnologias, que em grande parte estão baseadas na física das ondas eletromagnéticas. Essas, que nos rodeiam constantemente, estão impregnadas em todo o mundo e possuem tipos, notadas por seus usos, a exemplo das transmissões de rádio, televisão, celular, internet, entre outros.

As radiações ou ondas eletromagnéticas apresentam diversas aplicações no dia a dia, e o espectro das mais empregadas pela sociedade é constituído por emissões que possuem extensões desde escalas atômicas (raios X e radiação gama) até distâncias de centenas de metros (ondas de rádio). De acordo com os postulados científicos atuais, a onda eletromagnética exibe uma natureza dual: pode ser interpretada como partícula ou onda, dependendo do contexto em análise. A cada conjunto de emissões eletromagnéticas, é possível associar um conjunto de partículas denominadas fótons, sendo a energia de cada fóton determinada por uma constante, conhecida como constante de Planck ( $h = 6,64 \times 10^{-34}$  J.s), e está diretamente relacionada à frequência da emissão.

Entende-se por onda toda perturbação que se propaga pelo espaço transferindo energia de um ponto para outro sem que haja transporte de matéria ao longo do caminho. Existem diferentes tipos de ondas, incluindo ondas mecânicas, que obedecem às Leis da Física Clássica; ondas eletromagnéticas regidas pelas equações de Maxwell, e ondas de matéria, que obedecem à equação de Schrödinger.

As radiações corpusculares referem-se à um fenômeno da física quântica em que partículas, como elétrons e fótons, se comportam tanto como partículas quanto como ondas, tendo características de partículas, como massa e carga, mas também podem se propagar como ondas, exibindo propriedades como comprimento de onda e frequência (HALLIDAY *et al.*, 2012).

Já as ondas eletromagnéticas são perturbações que não necessitam de um meio para se propagar, podem-se movimentar através do vácuo, como no caso da luz solar que chega até a Terra. Elas têm características como amplitude, comprimento de onda e frequência, que determinam suas propriedades físicas. As ondas podem ser tanto transversais, em que a vibração ocorre perpendicularmente à direção de propagação, como longitudinais, em que a vibração ocorre paralelamente à direção de propagação. Exemplos de radiações

eletromagnéticas incluem as ondas eletromagnéticas, como a luz, e as ondas sísmicas, produzidas por terremotos (HALLIDAY *et al.*, 2012).

Há um grupo de experimentos, ao longo da história, que evidenciaram a existência do eletromagnetismo. Assim, conforme Halliday *et al.* (2012), em 1820, o físico dinamarquês Hans Christian Oersted realizou uma experiência na qual observou que uma corrente elétrica em um fio causava o desvio de uma agulha magnética próxima. Isso mostrou pela primeira vez uma conexão entre eletricidade e magnetismo, levando ao entendimento de que correntes elétricas geram campos magnéticos.

Já na década de 1830, dizem os mesmos autores, o físico britânico Michael Faraday conduziu uma série de experimentos que levaram à descoberta das leis do eletromagnetismo. Ele demonstrou que um campo magnético variável podia induzir uma corrente elétrica em um circuito, e também formulou a lei de Lenz, que descreve o sentido da corrente induzida.

Por fim, no final do século XIX, o físico escocês James Clerk Maxwell unificou as teorias do eletromagnetismo em um conjunto de equações matemáticas conhecidas como as equações de Maxwell. Essas equações descrevem como os campos elétricos e magnéticos interagem e se propagam, demonstrando que a luz é uma forma de radiação eletromagnética.

Maxwell conjecturou que uma onda eletromagnética poderia se propagar no vácuo com uma velocidade idêntica à da luz. Na onda eletromagnética, o campo elétrico variável ( $E$ ) e o campo magnético ( $B$ ) que são oscilantes estão atrelados e ambos variam em fase, pois, quando um atinge a intensidade máxima ou mínima, idem ocorre ao outro e, em caso de um se anular, também ocorre com o outro. Ademais, os campos  $E$  e  $B$  estabelecem uma linha perpendicular entre si, e determinam um plano perpendicular à direção de propagação da onda que se desloca com velocidade  $v$ , o que classifica a onda eletromagnética como transversal (HALLIDAY *et al.*, 2012).

Já em 1887, o físico alemão Heinrich Hertz realizou uma série de experimentos que confirmaram a existência das ondas eletromagnéticas previstas pelas equações de Maxwell. Ele conseguiu gerar e detectar ondas de rádio, provando experimentalmente a natureza ondulatória da luz e a conexão entre eletricidade e magnetismo (HALLIDAY *et al.*, 2012).

As ondas eletromagnéticas propagam energia, sendo esta diretamente proporcional à frequência através da fórmula  $E = h.f$ , de Albert Einstein, onde  $h$  é a constante de Planck ( $h = 6,626.10^{-34}$  J.s). Assim, um fóton de luz visível terá uma energia diferente de um fóton de raio X. A radiação eletromagnética pode ser vista como um conjunto de fótons e terá, então, sua energia quantizada.

Essa fórmula é conhecida como relação de energia-frequência dos fótons e mostra que a energia de um fóton está diretamente relacionada à sua frequência. Quanto maior a frequência do fóton, maior será a sua energia (HALLIDAY *et al.*, 2012).

A mencionada constante de Planck ( $h$ ), afirmam os mesmos autores, é uma constante fundamental da natureza que descreve a quantização da energia. Ela foi introduzida por Max Planck no início do século XX, como parte de sua teoria quântica. Essa teoria revolucionou a compreensão da física, pois mostrou que a energia não pode ser emitida ou absorvida de forma contínua, mas sim em pacotes discretos chamados de *quanta*.

As radiações são reconhecidas como tendo características tanto corpusculares quanto ondulatórias, e são categorizadas com base na quantidade de energia, sendo ionizantes ou não ionizantes. Segundo a afirmação de Okuno (2018), caso a energia seja capaz de remover elétrons dos orbitais de átomos neutros, convertendo-os em íons, ela é considerada ionizante. Neste caso, um elétron é ejetado e o átomo fica ionizado, com excesso de prótons e carregado positivamente, formando o par iônico que pode ser positivo ou negativo. Essas radiações ionizantes conseguem extrair elétron do átomo (OKUNO; YOSHIMURA, 2010).

No caso da radiação se aproximar do átomo, modificar a órbita do elétron, e retornar à sua órbita original, é radiação não ionizante, cuja energia é insuficiente para extrair um elétron de uma camada, causando apenas um estado de excitação momentânea no átomo, denominadas assim de Radiações Excitantes. As radiações não ionizantes costumam trazer prejuízos à saúde, a exemplo da radiação ultravioleta (CASTRO JÚNIOR, 2008).

### 3.1.1 Ondas de rádio

Utilizadas na transmissão de informações por emissoras de rádio e televisão, telefonia e internet, corpos celestes, e estudadas na Radioastronomia, estão na faixa de frequência de 10 Hz a  $10^8$  Hz e comprimento de onda dentro de um intervalo 10 m a  $10^7$  m (BELISÁRIO, 2003).

### 3.1.2 Micro-ondas

Energia eletromagnética não ionizante que causa migração de íons e rotação de dipolos, porém não causa mudanças na estrutura molecular. São utilizadas nos fornos de micro-ondas para cozinhar ou aquecer alimentos, em satélites e radares, possuem frequência entre cerca de  $10^8$  Hz a  $10^{11}$  Hz e comprimentos de onda de 1 m a 1 mm (BELISÁRIO, 2003).

### 3.1.3 Raios ou radiação infravermelha (IV)

Emitida por qualquer corpo aquecido, as ondas de calor, pode ser utilizada na captação de informações pôr óculos ou câmeras de visão noturna e satélites meteorológicos ou ainda na transmissão de sinais nos controles remotos. Localizam-se no espectro eletromagnético na faixa entre 300 GHz e 300 THz, o que corresponde a comprimentos de onda de  $10^{-3}$  m a  $10^{-6}$  m.

### 3.1.4 Luz ou radiação visível

Faixa do espectro eletromagnético com essas radiações com potencial de estimular a visão. É faixa ínfima do espectro entre o infravermelho e o ultravioleta e corresponde a uma faixa com frequências entre  $4 \cdot 10^{14}$  Hz e  $7 \cdot 10^{14}$  Hz, com comprimentos de onda variando entre 700 nm e 400 nm.

### 3.1.5 Raios ou radiação ultravioleta (UV)

Uma de suas principais fontes é o Sol. A exposição solar moderada no início da manhã e no final da tarde é fundamental para a saúde, realizando a síntese da vitamina D e absorvendo cálcio, além de atuar no sistema imunológico e na secreção de insulina. Porém, a exposição excessiva em certos horários causa câncer de pele e danos à visão. As radiações na faixa do ultravioleta têm frequências maiores que a violeta, última faixa do espectro visível e estão compreendidas na faixa de frequência entre  $7,5 \cdot 10^{14}$  Hz e  $7,5 \cdot 10^{16}$  Hz se dividindo em três faixas UV-A, UV-B e UV-C (BELISÁRIO, 2003).

As ondas UV-A possuem menor frequência, transportando menos energia. As emitidas pelo Sol adiantam a produção do pigmento melanina. As ondas UV-C têm maior frequência e carregam maior energia, sendo, portanto, as mais nocivas. A maior parte da radiação UV é absorvida pela atmosfera, a camada de ozônio. Os raios UV-B são mais incidentes durante o verão e podem lesionar a pele e causar câncer.

### 3.1.6 Raios X

São ondas eletromagnéticas de frequências entre  $10^{16}$  Hz e  $10^{20}$  Hz aproximadamente, e comprimento de onda de 10 nm e  $10^{-3}$  nm, com valioso papel no campo da Medicina, uma

vez que pode ser utilizado no interior do corpo humano por meio de radiografias e tomografias ou ainda como modo de tratamento, entretanto em exposições demoradas e descontroladas, são cancerígenos (BELISÁRIO, 2003).

### 3.1.7 Raios gama ou radiação gama

Com a maior frequência do espectro e, portanto, maior energia, sua frequência é superior a  $10^{19}$  Hz e seu comprimento de onda é menor que  $10^{-11}$  m, produzidas geralmente por elementos radioativos, podem prejudicar células vivas originando tumores. No entanto, dosagens controladas e de rápida exposição podem ser usadas em radioterapia para tratamento de cânceres e no diagnóstico de tumores, em um exame específico da Medicina Nuclear denominado cintilografia. Inicialmente, a distinção entre raios gama e raios X se dava por meio da frequência dessas radiações.

### 3.1.8 Raios Cósmicos

Elétrons, prótons e núcleos complexos de elevada energia que viajam através do universo, os raios cósmicos, alcançam nosso planeta. Quando atingem a atmosfera terrestre, píons e múons são produzidos. Essas são freadas por colisões com outros átomos na atmosfera. As fontes são diversificadas. Os raios cósmicos são demasiadamente energéticos a ponto de uma única partícula poder possuir energia equivalente à de um tijolo quando cai da altura de um metro (BELISÁRIO, 2003).

## 3.2 A DESCOBERTA DO RAIOS X

A descoberta dos raios-X, afirmam Pacheco e Reis (2023), foi um marco na história da ciência e revolucionou o campo da medicina. Foi um momento crucial que abriu um novo mundo de possibilidades e trouxe avanços significativos no diagnóstico médico.

A história dos raios-X remete ao final do século XIX, quando Wilhelm Conrad Roentgen, um físico alemão, realizava experimentos em seu laboratório. Em 8 de novembro de 1895, Roentgen notou algo peculiar enquanto trabalhava com um tubo de raios catódicos envolto em papel alumínio. Ele percebeu que um objeto próximo ao tubo produzia uma misteriosa fluorescência em uma tela recoberta com platinocianeto de bário. Essa

fluorescência era invisível a olho nu, mas Roentgen percebeu que estava diante de algo inédito e decidiu investigar mais a fundo (PACHECO; REIS, 2023).

Roentgen, prosseguem os mesmos autores, começou a realizar uma série de experimentos para entender melhor o fenômeno. Ele percebeu que os raios que estavam sendo emitidos pelo tubo tinham a capacidade de atravessar materiais opacos, como madeira e papel, e impressionou-se ao descobrir que até mesmo seu próprio corpo era penetrado por esses raios invisíveis. Roentgen decidiu chamar esse novo fenômeno de "raios-X", devido à sua natureza desconhecida.

A notícia, afirmam Pacheco e Reis (2023), sobre essa descoberta rapidamente se espalhou pela comunidade científica, e Roentgen publicou um artigo descrevendo suas descobertas em dezembro de 1895. O impacto da descoberta foi instantâneo, e os raios-X foram adotados em hospitais e clínicas em todo o mundo.

A utilidade dos raios-X na medicina foi rapidamente percebida. Pela primeira vez na história, os médicos podiam ver o interior do corpo humano sem a necessidade de cirurgia invasiva. Essa nova tecnologia permitiu a detecção de fraturas ósseas, cálculos renais, tumores e outras anomalias internas. Os raios-X abriram uma janela para o mundo invisível dentro do corpo humano, possibilitando um diagnóstico mais preciso e tratamentos mais eficazes (PACHECO; REIS, 2023).

No entanto, os primeiros equipamentos de raios-X, afirma Pereira (2012), eram rudimentares e apresentavam sérios riscos à saúde. Muitos médicos e pacientes foram expostos a altas doses de radiação, o que causou graves problemas de saúde, incluindo queimaduras e até mesmo a morte. Foi somente mais tarde, com o desenvolvimento de técnicas de proteção contra a radiação, que os raios-X se tornaram uma ferramenta segura e eficaz na medicina.

Com o avanço da tecnologia, os equipamentos de raios-X foram aprimorados e se tornaram mais sofisticados ao longo do tempo. A radiografia convencional, que usava filmes sensíveis à radiação para produzir imagens do corpo, foi a primeira técnica desenvolvida. No entanto, com o advento da era digital, os filmes foram substituídos por detectores eletrônicos que convertem a radiação em sinais elétricos e produzem imagens digitais de alta qualidade. Isso permitiu uma maior precisão diagnóstica e a possibilidade de armazenamento e compartilhamento das imagens (PEREIRA, 2012).

Além disso, outras modalidades de imagens médicas baseadas em raios-X foram desenvolvidas, como a tomografia computadorizada (TC) e a fluoroscopia. A TC utiliza múltiplos feixes de raios-X para criar imagens tridimensionais do corpo, permitindo uma

visualização detalhada de órgãos e estruturas internas. A fluoroscopia, por sua vez, é uma técnica em tempo real que utiliza raios-X para visualizar a passagem de contraste através do sistema digestivo ou do sistema vascular (PACHECO; REIS, 2023).

A descoberta dos raios-X também teve um impacto significativo em outras áreas além da medicina. A segurança nos aeroportos, por exemplo, é aprimorada por meio do uso de scanners de raios-X para detectar objetos perigosos ou proibidos nas bagagens de passageiros. Os raios-X também são amplamente utilizados na indústria, na pesquisa científica e em muitos outros campos.

No entanto, é importante mencionar que a contribuição de Marie Curie também foi fundamental para o desenvolvimento da tecnologia dos raios X. Marie Curie, uma física e química polonesa, já havia realizado pesquisas pioneiras sobre radiação eletromagnética, descobrindo os elementos radioativos polônio e rádio. Seu trabalho no campo da radioatividade foi fundamental para o avanço da ciência dos raios X. Curie recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1903 junto com seu marido, Pierre Curie, e Roentgen, em reconhecimento aos seus trabalhos sobre a radiação. Além disso, Marie Curie foi a primeira mulher a receber um Prêmio Nobel e a única pessoa a receber prêmios Nobel em duas áreas diferentes (Física e Química) (PACHECO; REIS, 2023).

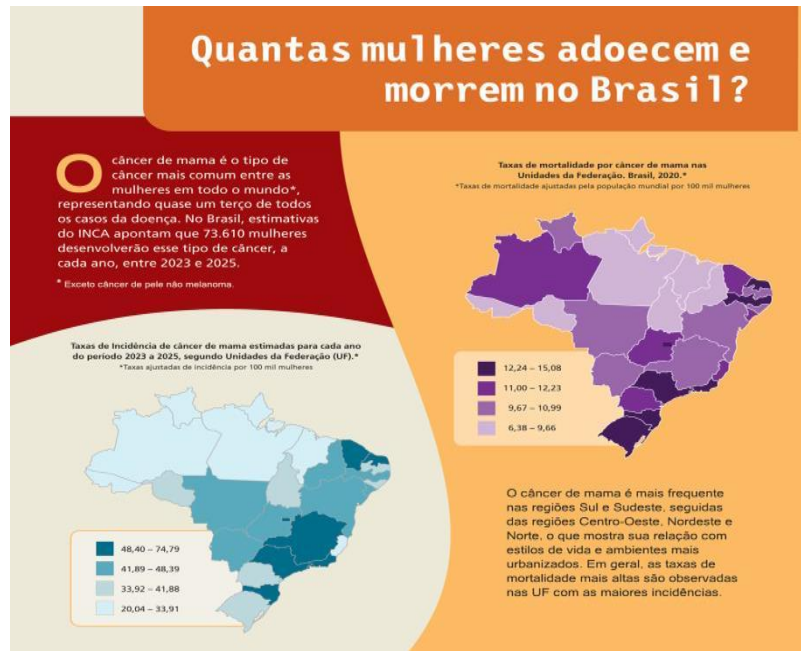
### **3.3 ENSINO DE FÍSICA E O DIAGNÓSTICO DO CÂNCER**

#### **3.3.1 A física no diagnóstico do câncer de mama e próstata**

O Câncer de Mama (CM) é uma patologia, com mais de uma classificação e que surge a partir da multiplicação de células anormais da mama, formando um tumor que pode se propagar por diversos órgãos. Alguns se desenvolvem de modo abrupto e outros se delongam para se manifestar, entretanto, a maioria dos casos responde bem ao tratamento, sobretudo quando são diagnosticados precocemente e tratados desde o seu início (PINHEIRO *et al.*, 2013).

Conforme aponta o Instituto Nacional de Câncer - INCA (2018), esse tipo de tumor é o mais habitual entre as mulheres no mundo e no Brasil (Figura 1), seguido do câncer de pele não melanoma. O homem também pode ser acometido por essa patologia, porém com maior raridade.

Figura 1 - A mulher e o câncer de mama no Brasil

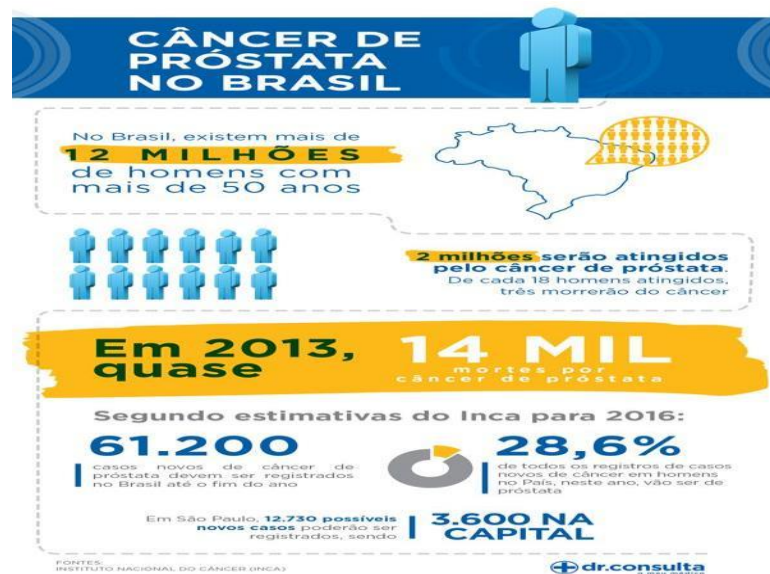


Fonte: INCA (2018)

Em nossas escolas, geralmente, temos pelo menos metade de alunos do sexo feminino, portanto, nessa perspectiva tratar do tema Câncer de Mama nos permite promover em sala de aula discussões sobre a necessidade da prevenção e cuidados colaborando, assim, na redução dos índices e assumindo o papel social que a escola deve ter na formação de pessoas.

Quanto ao câncer de próstata (Figura 2), o mesmo INCA (2018) traz as seguintes informações:

Figura 2- O homem e o câncer de Próstata no Brasil



Fonte: INCA (2018)



Geralmente, o diagnóstico e tratamento dessas patologias são considerados como momentos disparadores de angústia, sofrimento e ansiedade, ainda que existam variadas opções de diagnóstico e tratamento, a exemplo da mamografia para o diagnóstico e a radioterapia para o tratamento (PINHEIRO *et al.*, 2013).

Para entender como a mamografia é realizada, necessário que cada estudante entenda inicialmente o funcionamento das radiações eletromagnéticas, comprimento de onda, frequência, energia, espectro eletromagnético, raios X (CALHEIROS, 2017).

No entanto, este tema causa muita polêmica quando pautado em discussão, pois enquanto alguns defendem seu uso, a maioria condena, associando a grandes e variados acidentes, não conseguindo assim, analisar a quantidade de benefícios associados ao uso sobretudo no campo da saúde, onde muitas pessoas salvam suas vidas quando tratadas adequadamente (CARDOSO, 2017).

A origem dessa polêmica está justamente na escassez de informações corretas, principalmente no que se refere à formação escolar, o que leva a pessoa a não ter condições de firmar um posicionamento crítico sobre o tema, o que se pretende modificar com a aplicação da sequência didática.

### 3.3.2 A física na radiologia

A aplicação das técnicas de Radiodiagnóstico, bem como a interpretação de imagens produzidas, só ocorre se houver a compreensão de fenômenos físicos decorrentes durante os processos de formação da imagem, pois a habilidade de detectar aspectos da anatomia ou condições patológicas depende de características próprias a cada técnica de Radiodiagnóstico em particular, como também da conjectura de ajustes recrutados e específicos no equipamento (SOARES, 2008).

Apesar dos benefícios que oferece à medicina, as técnicas de Radiodiagnóstico também representam, por vezes, níveis variados de risco à saúde, haja vista que os processos de construção das imagens envolvem destituição de alguma fonte de energia no corpo do paciente, ocasionando prejuízos à saúde dos profissionais que manuseiam. A exposição do paciente aos raios-X é variável e exerce significativa influência sobre a qualidade da imagem radiográfica (SOARES, 2008).

Nesse contexto, o ensino da Física é útil também quando aborda a relação entre os riscos e os prejuízos à saúde, bem como os benefícios de um diagnóstico e toda reflexão, envolvendo análises de conceitos, grandezas e modelos físicos e as unidades de medidas.

Em geral, quando se trata de estruturas internas e funções do corpo humano, estas não são visíveis, mas por meio de avançadas tecnologias obtém-se imagens que servirão de ferramentas para identificação de condições patológicas, ou ainda, direcionar os tratamentos cuja necessidade de procedimentos terapêuticos invasivos será inerente. A imagem é uma janela de onde se pode ver o corpo, ainda que não mostre tudo. Os diversos métodos de Radiodiagnóstico desvelam diferentes características do corpo humano e em cada método, é necessário trabalhar com níveis satisfatórios de qualidade de imagem e de visibilidade do corpo, que por sua vez dependem das características do equipamento, perícia do operador e ainda do compromisso com outros aspectos, a exemplo da minimização da dose no paciente resultante dos raios X ou de outras radiações ionizantes ou do tempo de obtenção da imagem, como na ressonância magnética (SOARES, 2008).

Röntgen descobriu os raios X em 1895 e, então, as diversas aplicações foram empregadas pela sociedade, sobretudo para os interesses da medicina, como a obtenção de imagens médicas do corpo humano. Ao mesmo tempo, também surgiam evidências das consequências do excesso de exposição.

### 3.3.3 Efeitos da radiação em tecidos biológicos

A incidência de radiação causa ionizações, essas que podem provocar quebras de moléculas alterando a sua estrutura molecular. Entretanto, não é toda alteração que será maléfica, estando assim condicionada a fatores como tempo de exposição, por exemplo, o qual, se for elevado, pode afetar diretamente a divisão celular e levar as células à morte. Além disso, depende também da quantidade de energia envolvida no processo. Desse modo, os prejuízos causados podem ou não ser reversíveis (COSTA, 2017).

Segundo Tauhata (2014), a relação entre exposição à radiação ionizante e os impactos biológicos se deu a partir da observação dos prejuízos acontecidos em casos de pessoas que foram pioneiras na descoberta da radioatividade, a exemplo, Madame Curie, acometida por uma patologia originada da ampla exposição à radiação. Ademais, outros acontecimentos, como os acidentes nucleares e bombas atômicas lançadas sobre o Japão durante a Segunda Guerra Mundial, impulsionaram o avanço das pesquisas sobre os efeitos biológicos da radiação, favorecendo o avanço de técnicas que protegem contra os perigos oriundos da mesma, bem como a criação de normas trabalhistas que regulamentam todo tipo de exposição de profissionais a esse perigo.

O uso da radiação, possui ampla gama de utilização, desde a indústria até aplicações na área da saúde. Entretanto, se faz necessário o cuidado durante seu manuseio, pois podem ocorrer acidentes e danos relacionados à exposição à radiação, tendo em vista que o corpo dos seres vivos contém moléculas, conjunto de átomos unidos, além de estruturas complexas, como, por exemplo, o DNA humano (OKUNO, 2013).

A radiação eletromagnética pode comprometer diversas funcionalidades do corpo humano, alterando as propriedades físico-químicas das moléculas que formam tecidos. As células com maior potencial de reprodução, as mais sensíveis, a exemplo as células da pele, os gametas masculinos e femininos e a medula óssea. Em gestante, a radiação além de afetá-la, pode também atingir o feto dando origem a anormalidades fetais e até a morte do mesmo (D'IPPOLITO, 2005).

Na medula óssea, a radiação pode afetar a produção de células sanguíneas, ocasionando leucemia. Na própria radioterapia, sem o cuidado adequado e atenção ao administrar as doses de radiação, pode ocorrer o surgimento de um segundo câncer. Assim, os efeitos podem ser classificados em (1) teciduais, que resultam em morte celular onde o órgão ou tecido perde a sua função devido à dose elevada, (2) estocásticos, chamados de efeitos a longo prazo, geralmente de origem hereditária, atingindo diretamente as células reprodutoras e (3) efeito cancerígeno, atingindo as células somáticas da pessoa que recebeu a radiação provocando, assim, um câncer (YOSHIMURA, 2010).

#### 3.3.4 Tratamento de câncer por radioterapia

A radioterapia é a utilização da radiação ionizante na terapêutica de neoplasias malignas. Durante a interação com a matéria, a radiação empenha energia no meio, o que significa que no tratamento do câncer a radiação empenha energia incisivamente no local do tumor para assim destruí-lo. O contato da radiação com o tumor é diretamente proporcional à energia do feixe que foi incidido durante o tratamento (SCAFF, 1997).

Em um tecido com valor energético da camada K igual a 0,5 KeV, um fóton incidente com 100 KeV vai estabelecer relação por meio do efeito fotoelétrico. A energia do elétron ejetado será de 99,5 KeV e a radiação característica é de 0,5 KeV, que será absorvida, de onde pondera-se que o efeito fotoelétrico emitirá dois fotoelétrons, um com 99,5 KeV e outro de 0,5 KeV; portanto, a radiação emitida no tecido será totalmente absorvida (SCAFF, 1997).

Se o fóton possuir energia superior a 1 MeV, a probabilidade que o efeito fotoelétrico ocorra reduz significativamente. Para energias acima dessa média, há predominância do efeito

Compton. Ao contrário do efeito fotoelétrico, o efeito Compton não se condiciona ao número atômico  $Z$  da matéria, mas à concentração de elétrons por grama do material, a densidade eletrônica do meio. Para energias acima de 5 MeV, vai haver a formação de pares, este processo é dependente do número atômico  $Z$  do átomo para que haja a produção de elétron-pósitron, sendo necessário a interação do feixe com o campo elétrico gerado pelo núcleo atômico. As partículas geradas transferem energia cinética para o meio material (TAUHATA, 2014).

As radiações eletromagnéticas são penetrantes e induzem a efeitos destrutivos em células orgânicas, portanto podem ser utilizadas no tratamento do câncer. Assim, tumores profundos e superficiais podem regredir ou ser extintos, aplicando-se doses de radiação. Ressalta-se a necessidade de considerar a radiosensibilidade e radio curabilidade (OLIVEIRA, 2009).

Radiossensibilidade é a resposta que as células aportam quando são irradiadas com radiação. Quanto mais rápida for a capacidade de multiplicação das células, mais radiosensíveis são. No caso das células cancerígenas, são mais sensíveis do que as sadias devido ao seu potencial de proliferação. Radio curabilidade é a probabilidade de regular o tumor na administração de doses, mas está condicionada a vários aspectos como a sensibilidade do tumor, volume, localização e estado do paciente (OLIVEIRA, 2009).

Após a absorção da radiação pelo tecido, ocorrerão no organismo os efeitos biológicos decorrentes dessa dose aplicada. A ação da radiação pode ser através da ação direta, da interação da radiação direta em moléculas importantes como o DNA ou ação indireta, interação com as moléculas de água produzindo assim radicais livres altamente reativos (YOSHIMURA, 2010).

### **3.4 OS EFEITOS FOTOELÉTRICO, COMPTON E PRODUÇÃO POR PARES**

O efeito fotoelétrico é um fenômeno estudado na física que envolve a emissão de elétrons por um material quando exposto à luz. Esse efeito tem sido objeto de intensa investigação, pois tem aplicações importantes em áreas como a energia solar e a eletrônica. Segundo Araújo (2018), o efeito fotoelétrico pode ser compreendido considerando a natureza dual da luz, que possui características tanto de partícula quanto de onda.

De acordo com a teoria do efeito fotoelétrico, a luz é composta por partículas de energia chamadas fótons. Quando um fóton incide sobre um material, ele transfere sua energia para um elétron na superfície desse material. Conforme explicado por Halliday e

Resnick (2014), se a energia do fóton for suficientemente alta para liberar o elétron da força de atração dos átomos do material, ocorre a emissão de elétrons, formando uma corrente elétrica.

Uma das características importantes desse efeito é que a energia dos elétrons emitidos depende da frequência da luz incidente, e não de sua intensidade. Isso está de acordo com a equação proposta por Planck (1900), em que a energia dos fótons está diretamente relacionada à frequência da luz,  $E = h.f$ , onde  $h$  é a constante de Planck. Segundo Planck, a energia dos elétrons liberados no efeito fotoelétrico é proporcional à frequência da luz, e não à sua intensidade.

O estudo do efeito fotoelétrico teve um impacto significativo no desenvolvimento da teoria quântica e na compreensão da natureza da luz e da matéria. Conforme destacado por Bohr (1913), o efeito fotoelétrico é um dos fenômenos que evidenciam a natureza quântica da luz, fornecendo evidências experimentais para a teoria dos fótons. Essa descoberta revolucionou a física no início do século XX e abriu caminho para avanços futuros na área da mecânica quântica.

Segundo Reis *et al.* (2018), a radioterapia utiliza o efeito fotoelétrico para direcionar feixes de radiação ionizante para as células cancerígenas, danificando seu DNA e inibindo sua capacidade de se dividir e crescer. Nesse procedimento, a energia dos fótons é cuidadosamente ajustada para garantir que ela seja absorvida pelas células tumorais, minimizando os danos às células saudáveis circundantes. O efeito fotoelétrico desempenha um papel crucial na eficácia desse tratamento, permitindo a focalização precisa da radiação nos tecidos afetados pelo câncer e contribuindo para a redução do tamanho do tumor e o controle da doença.

O efeito Compton é um fenômeno estudado na física que envolve a dispersão de fótons por elétrons livres. Esse efeito foi descoberto por Arthur H. Compton em 1923 e desempenhou um papel fundamental na compreensão da natureza da luz e da interação entre partículas e radiação eletromagnética. Segundo Compton (1923), a dispersão Compton ocorre quando um fóton colide com um elétron livre, resultando em uma mudança no comprimento de onda do fóton e na emissão de um elétron espalhado.

Esse efeito é explicado pela teoria quântica da luz e da matéria. De acordo com essa teoria, os fótons possuem características de partículas e ondas, e sua energia é quantizada. Durante a dispersão Compton, o fóton transfere parte de sua energia para o elétron, resultando em um aumento no comprimento de onda do fóton espalhado. Conforme destacado por Klein

e Nishina (1929), o efeito Compton forneceu evidências experimentais para a natureza corpuscular dos fótons e confirmou as previsões da teoria quântica.

O estudo do efeito Compton teve implicações significativas na física de partículas e na compreensão da estrutura do átomo. De acordo com Hofstadter (1955), o efeito Compton foi crucial para a descoberta da estrutura interna dos núcleos atômicos e para o desenvolvimento da teoria eletromagnética quântica. Essa descoberta abriu caminho para a compreensão da interação entre partículas subatômicas e a radiação eletromagnética, levando a avanços importantes na física nuclear e na teoria quântica de campos.

Além de sua relevância teórica, o efeito Compton também possui aplicações práticas. Na área médica, por exemplo, a técnica de tomografia por emissão de pósitrons (PET) utiliza o efeito Compton para detectar a emissão de raios gama em exames de imagem. Segundo Phelps *et al.* (2000), a tomografia PET baseia-se na detecção dos fótons gama resultantes do aniquilamento de pósitrons, que ocorre por meio do processo de aniquilação Compton. Essa técnica permite a visualização e o diagnóstico de doenças, como o câncer, de forma não invasiva.

A produção de pares é um fenômeno intrigante e fundamental na física de partículas, no qual a interação de alta energia entre partículas e campos intensos resulta na geração simultânea de partículas e antipartículas. Esse fenômeno, governado pela conservação de energia e momento, desempenha um papel crucial no estudo das interações entre partículas elementares e campos eletromagnéticos. A criação de pares, como o elétron-positron, ocorre em colisões de alta energia ou na presença de campos elétricos intensos, trazendo informações valiosas sobre as propriedades fundamentais da matéria e as interações que regem o Universo (DIRAC, 1930; GREINER; REINHARDT, 2009).

Essa produção não se limita apenas ao elétron-positron, mas também pode envolver outras partículas, como múons, taus e quarks. Esses processos desempenham um papel importante na formação e evolução do Universo, como na síntese de elementos químicos durante o Big Bang. Em experimentos de alta energia, como os realizados em aceleradores de partículas, a produção de pares permite o estudo das propriedades das partículas envolvidas, bem como das interações fundamentais que regem a física de partículas (PECCEI; QUINN, 1977; PESKIN; SCHROEDER, 1995).

Além disso, a produção de pares tem implicações em fenômenos astrofísicos extremos, como os buracos negros. Nas proximidades desses objetos, onde o campo gravitacional é extremamente intenso, a presença desse campo pode levar à criação de pares partícula-antipartícula. Esse fenômeno está relacionado à radiação de Hawking, uma radiação

emitida pelos buracos negros, de acordo com a teoria proposta por Hawking em 1974 (HAWKING, 1974).

Essa técnica continua sendo um campo de estudo ativo na física de partículas. Com experimentos cada vez mais avançados, como os realizados no Large Hadron Collider (LHC), buscamos aprofundar nosso conhecimento sobre a origem e as propriedades das partículas elementares, bem como compreender a natureza das interações que moldam o Universo em suas escalas mais fundamentais. Essa pesquisa não apenas nos permite explorar os limites do conhecimento científico, mas também tem aplicações tecnológicas relevantes, contribuindo para o desenvolvimento de novas tecnologias e avanços em diversas áreas da ciência (LHC, 2008).

## **4 METODOLOGIA**

Neste processo de aproximação da Física Moderna e Contemporânea ao Ensino Médio, um dos temas escolhidos foi a Física das Radiações e principalmente a radiação ionizante. Isso levou a questões sobre como abordar esses assuntos com os alunos, quais seriam as contribuições para sua compreensão conceitual e suas vidas. Para aprofundar o conhecimento, foi feita uma pesquisa teórica sobre esses temas, incluindo a revisão de livros didáticos aprovados pelo PNLD para o Ensino Médio, bem como a consulta de livros de divulgação científica para nível superior, artigos e trabalhos acadêmicos.

Com base nesse estudo, um material de apoio ao professor e uma sequência de aulas foram desenvolvidos. As aulas ocorreram simultaneamente com a criação do material, permitindo ajustes conforme a aplicação real ocorria. Ao final, a sequência de aulas foi revista e o material de apoio ao professor enriquecido, visando aprimorar a experiência nas futuras aplicações. Este capítulo oferece uma visão geral das atividades realizadas na sequência de ensino, enquanto os resultados detalhados das aulas serão apresentados no próximo capítulo.

### **4.1 O CONTEXTO DA INTERVENÇÃO**

A intervenção pedagógica foi realizada no quarto bimestre de 2022, em uma escola da rede pública de educação em Juiz de Fora - MG. A turma contemplada foi do 3º ano regular – matutino - do Ensino Médio, pois o conteúdo de FMC, de acordo com os livros didáticos, só é visto no final do segundo semestre do ano letivo. Dentre as seis turmas de 3º ano oferecidas pela instituição, esta era a única em que a professora lecionava.

A Escola atualmente tem mais de mil alunos matriculados em diferentes níveis de ensino, incluindo o Ensino Fundamental e o Ensino Médio, com turnos de aulas pela manhã, tarde e noite. O espaço disponível na escola é limitado, o que resulta na existência de apenas um laboratório em funcionamento, dedicado à área de Informática.

A direção escolar tem planos para o futuro de estabelecer um laboratório abrangente de Ciências da Natureza, que permitirá a realização de experimentos e atividades práticas nas disciplinas de Física, Química e Biologia. Essa iniciativa visa melhorar a qualidade da educação nas áreas de ciências naturais e proporcionar aos alunos uma experiência de aprendizado mais prática e envolvente nessas disciplinas.



## 4.2 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD)

Quadro 1 – Organização da Sequência Didática

| SEQUÊNCIA DIDÁTICA                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Público Alvo:</b><br>3ª Série do<br>Ensino Médio | <b>Duração:</b> 1 aula por módulo<br>Cada aula 50 min                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| MÓDULOS                                             | CONTEÚDO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1                                                   | <p><b><u>Sala de aula:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Slides com várias imagens – conhecimento prévio</li> <li>• Radiação, Radiatividade e Energia</li> <li>• Nuvem de palavras</li> </ul> <p><b><u>Para casa:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sugestão de vídeo: Entrevista – Brasil Escola</li> </ul>                                                                             |
| 2*                                                  | <p><b><u>Sala de aula:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Slides com várias imagens comparativas</li> <li>• Leitura e respostas do questionário – Radioatividade: Mocinha ou Vilã?</li> </ul> <p><b><u>Para casa:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vídeos sobre Espectro Eletromagnético</li> </ul>                                                                                      |
| 3                                                   | <p><b><u>Sala de aula:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Slides sobre o Espectro Eletromagnético</li> <li>• Experimentos</li> <li>• Nuvem de palavras;</li> </ul> <p><b><u>Para casa:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Texto: “A Energia do Espectro Eletromagnético” e preencher a tabela com os cálculos de energia;</li> <li>• Vídeo: Interação da radiação com a matéria</li> </ul> |
| 4                                                   | <p><b><u>Sala de aula:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Slides sobre a estrutura da matéria e as interações da radiação com a matéria.</li> <li>• Simulador: Moléculas e Luz</li> <li>• Nuvem de palavras</li> </ul>                                                                                                                                                                                       |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <p><b><u>Para casa:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Vídeo: Interação da radiação com a matéria</b></li> <li>• <b>Vídeo: Aplicações, Benefícios e Malefícios da Radiação</b></li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 5 | <p><b><u>Sala de aula:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Vídeo: O que é Radioatividade? Como ela funciona?</b></li> <li>• <b>Vídeo: Césio 137 em Goiânia – Especial 10 anos</b></li> <li>• <b>Nuvem de palavras</b></li> </ul> <p><b><u>Para casa</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Vídeo: Especial 35 anos do Césio 137, o pesadelo de Goiânia</b></li> </ul>                                                                              |
| 6 | <p><b><u>Sala de aula</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Slides sobre emissões alfa, beta e gama, aplicações, limites da dose, efeitos biológicos;</b></li> <li>• <b>Vídeo: A Física na Radioterapia</b></li> <li>• <b>Autoavaliação de cada grupo</b></li> </ul> <p><b><u>Para casa</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Vídeo: Física Médica – Radioterapia</b></li> <li>• <b>Vídeo: Mito x Verdade: Câncer de Mama e Próstata</b></li> </ul> |
| 7 | <p><b><u>Sala de aula</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Data Show – Produção de vídeos dos alunos;</b></li> <li>• <b>Fontes audiovisuais.</b></li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

\*Módulo 2 – aula seguida do módulo 1 totalizando duas aulas de 50 min.

Foram disponibilizadas sete aulas, cada uma com duração de 50 minutos, em dias diferentes ao longo do segundo semestre de 2022 para a criação desta sequência didática. Ela inclui a proposição de atividades, a utilização de imagens iconográficas, vídeos do YouTube, a integração de um simulador e culmina na produção de vídeos pelos alunos.

Primeiro, apresentaremos aos alunos a proposta que será desenvolvida ao longo de sete aulas, permitindo que eles compreendam o que será abordado, façam combinações e definam objetivos para a atividade final. A aula se inicia com o professor convidando os alunos a visualizarem uma apresentação de slides contendo várias figuras ilustrativas, no intuito de identificar suas concepções iniciais. Essas observações dos alunos servirão como ponto de partida para as discussões nas aulas subsequentes.

Em seguida, o professor apresenta cinco questões sociocientíficas relacionadas às radiações que são as seguintes: A) O que se sabe sobre radiação, ela pode matar ou salvar? B) Como algo que mata pode salvar vidas? C) O que é o câncer? D) Alguém tem familiares ou amigos próximos com câncer? E) Que tipo de tratamento fez? A abordagem dessas questões desde o início da atividade serve para conectar a ciência a problemas concretos, afastando-se de um ensino descontextualizado. Essa abordagem também permite que os alunos relacionem os conceitos científicos com situações reais.

Com base nessas questões, é introduzida a ideia de construir uma entrevista ao final da proposta, que é a atividade principal da SD. Todas as atividades propostas têm como objetivo promover a reflexão e o diálogo sobre os aspectos positivos e negativos das tecnologias que utilizam radiação ionizante na medicina. Os alunos são divididos em quatro grupos, cada grupo tem seu papel participativo com suas reflexões críticas.

O professor atua como mediador, desempenhando um papel fundamental na preparação, orientação, condução das atividades e avaliação do processo em sua totalidade. A atividade de entrevista está programada para ocorrer na sétima aula, e, até lá, os alunos participarão de atividades didáticas adicionais, visando sua preparação e aquisição de conhecimento sobre o tema a ser debatido.

Na concepção desta Sequência Didática, nossa prioridade é descomplicar a compreensão dos conceitos, evitando uma ênfase exagerada na matemática mais avançada, que é fundamental para a análise. Durante o desenvolvimento, dedicamos nosso foco à interpretação de imagens, simulação da quebra de moléculas por meio da luz, vídeos explicativos e entrevistas. Nesse processo, enfatizamos a relevância dos aspectos fenomenológicos e conceituais, sem superestimar o aspecto matemático.

O ensino da FMC para alunos do Ensino Médio deve ser relevante e ilustrado com exemplos práticos, demonstrando como as ondas eletromagnéticas desempenham um papel essencial em dispositivos de comunicação, como rádio, televisão, telefones celulares e internet sem fio, além de serem fundamentais na área médica, aplicadas em exames como raio X, mamografia e tratamentos como a radioterapia. Esse enfoque evidencia como esses dispositivos operam com base em princípios da física das radiações para transmitir informações, realizar diagnósticos e procedimentos terapêuticos.

É fundamental estar disposto a adaptar o plano de ensino à medida que a sequência didática progride e à medida que se adquirem mais informações sobre os alunos e suas necessidades. Isso ajuda a tornar a experiência de aprendizado mais eficaz e significativa.

### **4.3 CARACTERIZAÇÃO DA TURMA**

A turma contemplada para aplicar a Sequência Didática (SD) foi uma turma da 3ª Série do Ensino Médio regular matutina, com cerca de vinte alunos. Os estudantes participantes possuíam faixa etária entre 15 a 17 anos. A autora é a docente que ministra a disciplina de Física.

Primeiramente, foi requisitado à direção da escola uma autorização para execução do produto educacional deixando claro como seria o desenvolvimento da sequência didática com a turma e que as aplicações das atividades estariam relacionadas ao produto educacional. A escola aceitou prontamente, colaborando com a proposta.

A turma era caracterizada como apática e indisciplinada, sendo inclusive considerada a menos comprometida entre os terceiros anos, de acordo com avaliações tanto do corpo docente quanto da supervisão escolar. Diante desse cenário, a sequência didática (SD) foi planejada para proporcionar oportunidades de interação, tanto na elaboração como na execução de trabalhos em grupo, tanto dentro, quanto fora da sala de aula, e introduzir uma problematização que os alunos, ao longo das aulas, possam identificar e buscar soluções, estruturar atividades que estejam alinhadas com as habilidades e capacidades de cada aluno, permitindo que eles as resolvam de maneira eficaz e promovendo etapas que incentivem a tomada de decisões, a organização pessoal e a elaboração de relatórios acadêmicos como parte do processo educacional. Dessa forma os estudantes ficaram mais empolgados e aceitaram a participar do processo.

O trabalho teve início com quatorze alunos e foi concluído com um total de dezesseis alunos, considerando o grupo inicial de 20 alunos matriculados. A maioria dos estudantes reside na cidade de Juiz de Fora, especificamente no bairro Centro, próximo à escola, com apenas duas alunas provenientes da área rural. As aulas ocorreram duas vezes por semana

### **4.4 AULAS**

#### **4.4.1 Aula 1**

Turma: 3º ano do Ensino Médio

Ano: 2022

Aula: 50 minutos

#### **I. Objetivo geral**

- Diagnosticar as concepções prévias dos alunos em relação aos conceitos de radiação através de estratégias que levem os estudantes a diferenciarem radiações ionizantes de não ionizantes, bem como reconhecerem o que elas podem causar à saúde se utilizadas descontroladamente, formando cidadãos compromissados com questões sociais, em que a ciência e a tecnologia desempenhem papel de fundamental importância para a qualidade de vida da sociedade.

## **II. Objetivos específicos**

- Explicar como ocorrerá todo o estudo;
- Analisar as imagens apresentadas em slides, identificar padrões comuns e explorar concepções prévias;
- Conscientizar sobre os potenciais danos decorrentes da exposição à radiação ionizante;
- Compreender que a radiação pode desencadear o desenvolvimento de câncer e, ao mesmo tempo, como ela pode ser aplicada no tratamento do tumor;
- Reconhecer a aplicação da Física na tecnologia de Radioterapia para o tratamento do Câncer;
- Alcançar um entendimento inicial da relação entre a exposição à radiação e o tratamento do câncer, considerando a causa e o tratamento dessa condição de saúde;
- Orientar na construção de vídeos autorais a serem apresentados no final do Projeto;

## **III. Conteúdo**

- Radiação, Radioatividade e Energia.

## **IV. Atividades**

### Sala de aula

- O que você sabe sobre radiação, ela pode matar ou salvar? Como algo que mata pode salvar vidas?
- O que é o câncer? Alguém tem familiares ou amigos próximos com câncer? Que tipo de tratamento fez?

- Debate entre eles sobre as visualizações das imagens nos slides – Data Show (15 minutos);
- Construir uma Nuvem de palavras - (35 minutos).

#### Para casa

Enviar uma tarefa compartilhada no grupo do WhatsApp, solicitando aos alunos que pesquisem na internet sobre como elaborar um vídeo para apresentação no encerramento desta proposta pedagógica. Fornecer um link com uma sugestão de vídeo. Algumas orientações importantes:

A entrevista pode ser conduzida de forma escrita, em vídeo, em áudio ou por meio de multimídias.

- Os vídeos devem ter no máximo 3 minutos de duração.
- Certifique-se de que a voz, imagem e escrita no vídeo sejam de fácil compreensão.
- A entrevista precisa estar alinhada com os conteúdos abordados.
- Qualquer dúvida sobre a realização da entrevista pode ser esclarecida durante as aulas ou por meio de mensagens escritas ou de áudio no grupo do WhatsApp.

Sugestão de vídeo disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=rvZPMj9Iwyc>

- Sugestão de vídeo: Entrevista – Brasil Escola  
<https://www.youtube.com/watch?v=rvZPMj9Iwyc> (9min:29s)

#### **V. Procedimentos**

Primeiramente, começar com uma breve introdução da proposta, destacando a importância da participação de todos no processo de construção do conhecimento. No início, manter em segredo o título do Produto Educacional que será desenvolvido durante o bimestre, já que nesta aula inicial é essencial colher seus conhecimentos prévios. Em seguida, exiba os slides contendo imagens representativas, aproveitando cada figura para estimulá-los com perguntas relacionadas à ideia a ser transmitida. Após apresentação, lançar a pergunta: Qual o conteúdo físico comum entre todas as imagens que vocês viram? A resposta esperada é a palavra “radiação”. Neste momento, abra espaço para os alunos discutirem entre si todas as ideias transmitidas pelas imagens, com o professor atuando como um observador das discussões.

Após o debate livre, divida a turma em grupos de quatro membros, mantendo esses grupos inalterados até o final da proposta. Com a sala de aula devidamente estruturada,

oriente os alunos a criar uma nuvem de palavras em uma folha de ofício fornecida a cada grupo, encorajando-os a registrar livremente as palavras que lhes vêm à mente sem a necessidade de colocar o seu nome na folha. Forneça dois slides como exemplos. Caso seja necessário, forneça lápis e canetas coloridas. Ao término da aula, colete as atividades de cada grupo. Essa abordagem permite que os estudantes ativem seus conhecimentos prévios, explorem conceitos científicos e aprimorem sua alfabetização científica, estimulando a curiosidade e o engajamento com a ciência. Dessa forma, os alunos têm a liberdade de explorar e aplicar essa técnica de maneira criativa e educacional.

Ao finalizar a aula, é importante destacar a relevância de conduzir entrevistas e realizar pesquisas na internet para selecionar a proposta mais apropriada, o que será abordado em um material a ser assistido em casa. Posteriormente, após o término da aula, serão estabelecidos, por meio do WhatsApp, critérios relacionados ao conteúdo das entrevistas produzidas por cada grupo.

## **VI. Avaliação**

Avaliar a participação da turma e a atividade escrita produzida pelos grupos.

### 4.4.2 Aula 2

Turma: 3º ano do Ensino Médio

Ano: 2022

Aula: 50 minutos

#### **I. Objetivo geral**

- Diagnosticar as concepções prévias dos alunos em relação aos conceitos de radiação através de estratégias que levem os estudantes a diferenciarem radiações ionizantes de não ionizantes, bem como reconhecerem o que elas podem causar à saúde se utilizadas descontroladamente, formando cidadãos compromissados com questões sociais, em que a ciência e a tecnologia desempenhem papel de fundamental importância para a qualidade de vida da sociedade.

#### **II. Objetivos específicos**

- Utilizar imagens comparativas para estimular o conhecimento prévio dos alunos;
- Diferenciar radiação ionizante de não ionizante;
- Iniciar o processo de revisão e reestruturação das ideias pré-concebidas em relação à radiação;
- Apresentar, ao término da aula, um conhecimento introdutório sobre a relação entre a radiação e o tratamento do câncer;
- Começar a expressar pontos de vista sobre os impactos benéficos e prejudiciais da radiação;

### III. Conteúdo

- Radiação, Radioatividade e Energia.

### IV. Atividades

#### Sala de aula

- Realização de um debate entre eles, usando imagens comparativas (Data Show) de radiação benéfica versus prejudicial - (15 minutos).
- Leitura e respostas do questionário – Radioatividade: Mocinha ou Vilã? (30 minutos).

#### Para casa

Assistir aos vídeos recomendados para aprofundar a compreensão do conteúdo subsequente.

- Vídeo Youtube: Espectro Eletromagnético <https://www.youtube.com/watch?v=mdTT0uPivbI> (13min:59s);
- Vídeo Youtube: Espectro Eletromagnético – UNIVESP <https://www.youtube.com/watch?v=-8xKSt0sY9Q> (10min:39s)

### V. Procedimentos

Continuar a exploração do conteúdo da primeira aula, permitindo aos alunos uma oportunidade inicial de compreender a relevância da radiação em nossa vida cotidiana. Iniciar a nova aula com a apresentação de slides contendo imagens comparativas que ilustram tanto



os impactos negativos quanto os benefícios da radiação é uma boa maneira de introduzir o tema e estimular os alunos a refletirem sobre radiação, mencionando exemplos de usos benéficos da radiação, como em medicina, agricultura e geração de energia. Por exemplo, mostrar imagens de desastres nucleares, como Chernobyl e o acidente com Césio – 137 em Goiânia, ao lado de imagens de tratamentos médicos, como radioterapia e exames de imagem por raios X. Orientar que reflitam sobre as imagens mostradas nos slides e formulem uma opinião fundamentada sobre a radiação, considerando tanto seus aspectos destrutivos quanto seus benefícios. Após estimular a reflexão sobre a radiação e suas implicações, entregar a cada grupo um questionário textual (Apêndice) elaborado pelo professor com três questões, instruindo-os a analisar cada imagem e responder minuciosamente a cada pergunta. Ao término da aula, os alunos devem devolver ao professor sem identificação. Essa atividade permitirá conhecer as ideias prévias dos alunos sobre a radiação e auxiliará na identificação de possíveis lacunas de conhecimento ou concepções errôneas. Além disso, ela promove o desenvolvimento das habilidades de escrita, análise crítica e argumentação dos alunos.

Através das respostas escritas pelos alunos no texto "Radiação: Vilã ou Mocinha?" (Apêndice A), o educador poderá ter insights valiosos sobre o que os alunos entendem sobre a radiação, quais são suas preocupações, se eles percebem a radiação como mais prejudicial ou benéfica, e quais são os argumentos utilizados para sustentar suas opiniões. Informações importantes que servirão na adaptação das estratégias de ensino, abordar conceitos equivocados, fornecer informações adicionais ou estimular discussões em sala de aula para aprofundar o entendimento dos alunos sobre a radiação e seus efeitos.

Ao final da aula, esclarecer eventuais dúvidas sobre os procedimentos de elaboração da entrevista. Mesmo que não surjam dúvidas imediatas, reforçar alguns critérios a serem considerados: explicar o propósito da entrevista de maneira clara e concisa; manter a duração da entrevista dentro de um limite máximo de 3 minutos; escolher o formato da entrevista, que pode ser em formato escrito, áudio ou audiovisual; assegurar que a entrevista seja conduzida de maneira respeitosa, sem constranger o entrevistado; enviar a entrevista finalizada por e-mail ou WhatsApp para a professora antes da última aula para o professor analisar; demonstrar seriedade durante a realização da entrevista; expressar gratidão ao término da entrevista. Deixar os alunos à vontade para questionar qualquer aspecto desses critérios, caso surjam dúvidas em aulas subsequentes.

## **VI. Avaliação**

Avaliar a participação da turma e a atividade escrita produzida pelos grupos.

#### 4.4.3 Aula 3

Turma: 3º ano do Ensino Médio

Ano: 2022

Aula: 50 minutos

### **I. Objetivo geral**

- Conceituar e diferenciar o espectro eletromagnético e distinguir radiações ionizantes e não ionizantes.

### **II. Objetivos específicos**

- Familiarizar-se com a fórmula matemática  $E = h.f$  para capacitar o cálculo da energia transferida por cada onda;
- Conscientizar-se de que, à medida que a frequência aumenta, a energia transferida também aumenta, resultando em uma maior penetração no tecido celular.
- Entender que as radiações ionizantes podem ser benéficas quando utilizadas de forma responsável;

### **III. Conteúdo**

- Espectro Eletromagnético

### **IV. Atividades**

#### Sala de aula

- Utilizar um Data Show para apresentar slides do Power Point sobre o Espectro Eletromagnético, acompanhados por uma cópia colorida do Espectro Eletromagnético para cada aluno;
- Realizar experimentos que correlacionam cada tipo de onda eletromagnética;

- Construir uma nuvem de palavras;
- Retornar, sempre que necessário, às figuras da primeira aula para estabelecer as relações de causa e efeito;

#### Para casa

Ler o texto e assistir ao vídeo recomendado para aprofundar a compreensão do conteúdo subsequente.

- Texto: “A Energia do Espectro Eletromagnético” e preencher a tabela com os cálculos de energia (Apêndice B);
- Vídeo no YouTube: Interação da radiação com a matéria <https://www.youtube.com/watch?v=Syaqq96i3RQ> (5min:2s).;

#### **V. Procedimento**

Dar início apresentando o conceito do espectro eletromagnético, mostrando aos alunos a disposição das ondas eletromagnéticas em diferentes frequências, desde as ondas de rádio até os raios gama. Explique os termos relacionados, como comprimento de onda, frequência e energia.

Distribua para cada aluno um espectro eletromagnético impresso que mostra as diferentes regiões do espectro eletromagnético, como rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama. Se possível, colorido.

Realize uma exposição prática acessível, utilizando materiais de baixo custo, para permitir que os alunos observem diversos tipos de radiação em ação. Utilize um rádio de pilha de 12 volts (Rayovac), fios condutores e uma placa de metal fina para demonstrar interferência, use uma folha de alumínio para criar uma espécie de "gaiola de Faraday" ao redor de um celular da pessoa B, bloqueando o sinal de celular e impedindo que ela receba chamadas. Exponha, rapidamente, que a gaiola de Faraday é uma estrutura condutora que impede a entrada ou saída de ondas eletromagnéticas, neste caso, o sinal de telefone celular. Explore a blindagem das micro-ondas. Demonstre que os controles remotos usam LEDs infravermelhos (invisível ao olho humano) para enviar sinais para dispositivos eletrônicos, como televisores, aparelhos de som, câmeras de smartphones etc. Utilize camadas de durex pintado de azul em uma lanterna. É possível simular a filtragem da luz visível e destacar a proximidade do azul com a faixa do ultravioleta. Além disso, apresente radiografias próprias

ou emprestadas. Essa atividade já está preparando os grupos para o melhor entendimento dos próximos conteúdos, onde essa abordagem visa assegurar uma compreensão efetiva do conteúdo e promover uma participação ativa dos alunos na atividade proposta.

Após a exposição prática, conduza um debate a respeito das observações feitas pelos alunos e explique por que não é possível simular um experimento com raios gama. Encoraje-os a compartilhar suas descobertas, fazer perguntas e discutir as diferentes propriedades e aplicações das radiações que experimentaram. Peça aos alunos que retornem aos seus grupos e discutam as ideias e conceitos discutidos. A partir dessas discussões, os grupos têm a oportunidade de criar suas próprias nuvens de palavras, destacando as palavras-chave e os conceitos mais relevantes relacionados à radiação. Para facilitar o processo, serão disponibilizadas canetas coloridas em uma mesa de fácil acesso aos alunos. Essa atividade permitirá que eles consolidem e organizem seus conhecimentos, identificando os conceitos-chaves relacionados à radiação. Ao término da aula, solicitar que cada grupo entregue a atividade sem que se identifiquem.

## **VI. Avaliação**

Avaliar a participação da turma e a atividade escrita produzida pelos grupos.

### 4.4.4 Aula 4

Turma: 3º ano do Ensino Médio

Ano: 2022

Aula: 50 minutos

#### **I. Objetivo geral**

- Compreender que a transmissão de alta energia ocorrerá a partir da interação da radiação com a matéria.

#### **II. Objetivos específicos**

- Entender que o átomo é a menor unidade básica da matéria;

- Esclarecer que os fótons são pacotes de energia, ou seja, a menor porção de radiação eletromagnética;
- Reconhecer que a absorção da luz é influenciada tanto pela natureza da molécula quanto pelo tipo de luz em questão;
- Compreender que sempre que a radiação tem a capacidade de arrancar elétrons de um átomo ela pode ser chamada de radiação ionizante, como o Raios X e Gama;
- Explicar as diversas interações, efeito fotoelétrico, efeito Compton e a produção de pares. Sendo que a produção de pares só vai ocorrer na Radioterapia devido sua alta energia  $\geq 1\text{MeV}$ ;

### III. Conteúdo

- Física das radiações

### IV. Atividades

#### Sala de aula

- Data Show - Slides sobre a estrutura da matéria e as interações da radiação com a matéria. (20 minutos);
- Simulador: Moléculas e Luz (8 minutos) [https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_pt_BR.html);
- Construção de uma Nuvem de palavra.

#### Para casa

- Assistir: Vídeo Youtube Interação da radiação com a matéria <https://www.youtube.com/watch?v=Syaqq96i3RQ> (5min:2s).;
- Assisti: Vídeo Youtube Aplicações, Benefícios e Malefícios da Radiação <https://www.youtube.com/watch?v=qk776HpGRM0> (38min:2s).

### V. Procedimento

A abordagem sugerida para a aula mantém uma abordagem dinâmica e interativa ao explorar o tema da radiação, com foco nas radiações de alta energia e suas interações com a

matéria. Dar sequência com o espectro eletromagnético, realçando as regiões de maior energia e maior capacidade de penetração, como os raios X e os raios gama.

Retomar de forma sucinta que toda a matéria é composta por átomos, que por sua vez é constituído por um núcleo que contém prótons (carga positiva) e nêutrons (carga neutra), enquanto os elétrons circulam em órbita ao redor do núcleo. Discuta as forças de atração e repulsão entre as partículas subatômicas e como essas forças mantêm a estrutura da matéria coesa. Explicar sobre ionização de um átomo ou molécula que quando submetido a alta energia os elétrons são ejetados ou arrancados. Mostrar a imagem de um espectro eletromagnético com crescente frequência e destacar o aumento da energia para reforçar assuntos discutidos em aulas anteriores.

Apresentar os dois documentários que estão na sessão dos slides que abordam os maiores acidentes envolvendo o Césio 137 em Goiânia, com destaque para o especial de 10 anos desde o ocorrido em 1987, link: vídeo no link <https://www.youtube.com/watch?v=GWr5Mm2W57Q> e o <https://www.youtube.com/watch?v=CGar94Wmzh4&t=128s>. Os links para os vídeos estão disponíveis nos slides<sup>1</sup> 5 e 6. Essa tragédia radiológica, resultante do desequilíbrio energético em certos elementos químicos, é um marco na história do Brasil. É essencial compreender que as várias formas de radiação, incluindo luz visível, raios X e raios gama, cada tipo interage de maneira distinta com a matéria. Essas interações têm implicações cruciais em áreas como medicina, indústria e pesquisa científica.

Utilize simulações de computador para auxiliar na visualização das interações entre o fóton e uma molécula, link: [https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_pt_BR.html). Relacionar a estrutura da matéria e a interação com a radiação com situações do cotidiano como, por exemplo, a formação de imagens em exames médicos.

Explicar que os fótons, sendo pacotes de energia discretos, transportam uma quantidade mínima de energia associada a uma frequência específica da luz. De natureza sem massa e carga elétrica, são categorizados como radiações indiretamente ionizantes, como nos casos de radiações X e gama. Durante sua trajetória e deposição de energia no meio, ocorrem interações como a absorção fotoelétrica, o espalhamento Compton e a produção de pares. Entretanto, diversos fatores, como a energia do fóton, o número atômico e a densidade do meio, influenciam na ocorrência ou ausência dessas interações.

No slide, apresentar uma figura para exemplificar o efeito fotoelétrico. Mostrar uma imagem específica no lado esquerdo do slide e perguntar se já ouviram falar de Albert Einstein, renomado cientista laureado com o Prêmio Nobel de Física em 1921, por suas

contribuições ao efeito fotoelétrico. Em seguida, fazer uma diferenciação objetiva entre os três efeitos principais: Efeito Fotoelétrico, Efeito Compton e Produção de Pares.

No Efeito Fotoelétrico, a energia do fóton é completamente absorvida, e o elétron é ejetado do átomo, contribuindo para o contraste na formação de imagens. No Efeito Compton, parte da energia do fóton é absorvida pelo elétron e resulta em espalhamento, que não contribui para a formação da imagem, diminuindo o contraste e aumentando o ruído. Já na Produção de Pares, ocorre uma conversão de energia em massa (um par de partículas), requerendo um fóton com no mínimo 1,022 MeV para formar um par (elétron e pósitron). Esses processos são fundamentais para compreender os efeitos da radiação no organismo e sua aplicação em radioterapia.<sup>1</sup>

Utilizar exemplos práticos para ilustrar essas interações e como a energia intensifica com o aumento da frequência da luz, estabelecendo assim uma conexão intrínseca com o espectro eletromagnético. Durante esse momento, é recomendado que o professor faça uso do DataShow, com acesso à internet no notebook para explorar o laboratório virtual gratuito PhET<sup>1</sup> Colorado (Physics Education Technology) – Interactive Simulations, link: [https://phet.colorado.edu/sims/html/moleculesandlight/latest/moleculesandlight\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/moleculesandlight/latest/moleculesandlight_all.html?locale=pt_BR). Explorar este recurso que permite a abordagem dos conceitos de interação entre a luz e as moléculas presentes na atmosfera. Além disso, reconhecer que a absorção da luz é influenciada tanto pela natureza da molécula quanto pelo tipo de luz em questão.

O professor deve enfatizar a relação entre a energia da luz incidente e o movimento resultante, discernir como a energia se modifica ao transitar do espectro de micro-ondas para ultravioleta. Adicionalmente, é viável antecipar o comportamento molecular diante do espectro de luz absorvido e identificar de que forma a estrutura molecular pode exercer impacto na interação da molécula com a luz.

Distribuir para cada grupo uma folha de papel ofício para que possam aplicar as informações dos slides, as experiências do simulador Phet e todo o conhecimento adquirido durante a aula na criação de uma nuvem de palavras que represente os conceitos-chave (Apêndice C) e as ideias discutidas. Ao final da aula devolver ao professor sem a necessidade de identificação.

Orientar cada grupo sobre como conduzir as entrevistas e como registrar as informações relevantes.

---

<sup>1</sup> Links de acesso aos slides:

<sup>1</sup>Slide 5: <https://www.youtube.com/watch?v=GWr5Mm2W57Q>

<sup>1</sup>Slide 6: <https://www.youtube.com/watch?v=CGar94Wmzh4&t=128s>

## **VI. Avaliação**

Valorizar as habilidades de expressão oral e escrita, assim como a capacidade de argumentação e articulação de ideias. Atividade para cada grupo sendo analisada a participação coletiva e individual.

### 4.4.5 Aula 5

Turma: 3º ano do Ensino Médio

Ano: 2022

Aula: 50 minutos

#### **I. Objetivo geral**

- Proporcionar aos estudantes uma compreensão abrangente dos princípios fundamentais que regem a constituição dos átomos, incluindo a exploração das características estruturais, compreensão das forças internas e investigação das interações microscópicas com diferentes formas de radiação. Destacar aplicações práticas em segurança e avanços tecnológicos na área nuclear, capacitando os alunos para aplicar esses conceitos em diversos contextos científicos e tecnológicos, promovendo compreensão crítica e apreciação dos fenômenos relacionados à estrutura da matéria e interação da radiação.

#### **II. Objetivos específicos**

- Esclarecer que a discrepância significativa entre prótons e nêutrons resulta em um núcleo instável, destacando a tendência intrínseca desse núcleo em buscar estabilidade natural;
- Apresentar de forma breve o histórico da Radioatividade;

---

<sup>1</sup>PHET Colorado: ([https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/))



- Oferecer uma perspectiva concisa e informativa sobre alguns acidentes radiológicos notáveis no Brasil e no mundo;
- Explorar a aplicação segura de tecnologias nucleares, como a medicina nuclear e a geração de energia a partir de reações nucleares.

### III. Conteúdo

- Radioatividade.

### IV. Atividades

#### Sala de aula

- Assistir ao Vídeo do Youtube: O que é Radioatividade? Como ela funciona? (7min:13s) – <https://www.youtube.com/watch?v=CGar94Wmzh4&t=368s>;  
Chernobyl, Becquerel, Pierre e Marie Curie, Penetração Alfa, Beta e Gama, natural e artificial, alimentos, diagnóstico, tratamento, lixo radioativo;
- Assistir ao Vídeo do Youtube: Césio 137 em Goiânia – Especial 10 anos (5min:46s) - <https://www.youtube.com/watch?v=GWr5Mm2W57Q&t=49s>;
- Construção de Nuvem de Palavras de acordo com Palavras-chave anotadas desde início da aula sobre o que foi discutido até o momento (20 min).

#### Para casa

- Assisitir: Vídeo Youtube Especial 35 anos do Césio 137, o pesadelo de Goiânia <https://www.youtube.com/watch?v=r8Y4QRbmFil> – (15min:52s).

### V. Procedimento

Essa sequência proposta para a aula permite explorar o tema da radioatividade por meio de vídeos e atividades em grupo. Inicie a aula com o vídeo que explora o conceito de radioatividade e como ela funciona. Após assistir ao vídeo, promova uma discussão sobre os principais pontos abordados e relembre a estrutura da matéria, bem como o comportamento da luz em forma de fótons. Reserve um tempo para discutir os principais pontos abordados e lembrar a estrutura da matéria e o comportamento da luz como fótons.

Em seguida, apresente o vídeo que relata o acidente com o césio 137 em Goiânia, destacando as consequências e impactos na cidade e nas pessoas afetadas. Explore os aspectos científicos do acidente, discutindo a natureza da radioatividade, a forma como os materiais radioativos podem ser perigosos e as medidas de segurança que devem ser adotadas.

Após assistir aos vídeos, abra uma discussão sobre outros acidentes de radioatividade que ocorreram ao redor do mundo. Apresente casos como os acidentes de Chernobyl e Fukushima, destacando as causas, consequências e lições aprendidas com esses eventos. Incentive os alunos a refletirem sobre a importância da alfabetização científica para lidar com questões relacionadas à energia nuclear e à segurança radiológica, compreendendo os riscos e tomar decisões informadas.

Distribua uma folha A4 para cada grupo contendo palavras-chave aleatórias escolhidas pela professora. Oriente os grupos a construir uma sequência de ideias utilizando essas palavras-chave. Incentive-os a explorar conceitos científicos discutidos durante a aula, conectar com os vídeos assistidos e aplicar seu conhecimento científico. Enfatize a importância de utilizar uma linguagem científica adequada e precisa ao elaborar a sequência de ideias. Entregar a atividade ao professor assim que o grupo concluir.

Destacar a alfabetização científica ao longo da aula e durante as atividades em grupo, visando uma compreensão mais aprofundada do tema da radioatividade. Incentivar ativamente os alunos a aplicarem seus conhecimentos científicos para analisar e discutir diversos aspectos relacionados à radioatividade. Desenvolverá habilidades científicas fundamentais, como a capacidade de interpretar informações científicas, tomar decisões embasadas em evidências e comunicar de maneira clara e precisa os conceitos científicos.

## **VI. Avaliação**

A avaliação das atividades será de acordo com a socialização e a colaboração dos alunos do grupo, assim como a participação individual. Valorizar as habilidades de expressão oral e escrita, assim como a sua capacidade de argumentação e articulação de ideias.

### 4.4.6 Aula 6

Turma: 3º ano do Ensino Médio

Ano: 2022

Aula: 50 minutos

## **I. Objetivo geral**

- Proporcionar aos alunos uma compreensão abrangente desses conteúdos inter-relacionados. Explanar os princípios científicos por trás da radioatividade e da radioterapia, mas também uma análise dos impactos sociais, éticos e ambientais associados a esses temas, conscientizando sobre a influência da radioatividade na sociedade, com ênfase na medicina (radioterapia). Abordar benefícios, desafios éticos e capacitar para a análise crítica das interações entre ciência, tecnologia e sociedade.

## **II. Objetivos específicos**

- Revisitar conceitos fundamentais, tais como absorção, espalhamento e penetração da radiação, destacando técnicas que podem trazer benefícios aos pacientes.
- Promover a conscientização sobre a importância de equilibrar os benefícios clínicos com a proteção da saúde.
- Compreender que a radiação de altas energias são valiosas no sistema de saúde para realização de diagnósticos e, em doses calculadas, para o tratamento como o câncer;

## **III. Conteúdo**

- Radioatividade, Radioterapia e Sociedade

## **IV. Atividades**

### Sala de aula

- Data Show – Slides sobre emissões alfa, beta e gama, aplicações, limites da dose, efeitos biológicos;
- Assistir ao Vídeo Youtube – A Física na Radioterapia - [https://www.youtube.com/watch?v=mU5fA\\_GnYlw](https://www.youtube.com/watch?v=mU5fA_GnYlw) (15min:54s);
- Autoavaliação de cada grupo

### Para casa

- Assistir: Vídeo Youtube – Física Médica – Radioterapia  
<https://www.youtube.com/watch?v=fTOaM9lnYBg> (5min:6s);
- Assistir: Vídeo Youtube – Mito x Verdade: Câncer de Mama e Próstata  
<https://www.youtube.com/watch?v=Q-QUuhOu7kU> (2min:47s).

## V. Procedimento

Inicie a aula recapitulando os assuntos e conceitos abordados em aulas anteriores relacionados à radioatividade e à radiação ionizante. Isso ajudará a lembrar os conhecimentos prévios dos alunos e a estabelecer uma base sólida para a discussão que seguirá.

Apresentar de forma concisa o decaimento radioativo, destacando as três emissões principais: alfa, beta e gama. Explicar a diferença entre irradiação e contaminação e compreender que a radiação tem o potencial de impactar a constituição genética quando afeta o DNA.

Promova um debate com os estudantes sobre onde a radiação ionizante é utilizada e quais os benefícios que ela traz para a sociedade. Explore diferentes áreas, como medicina, indústria, pesquisa científica e energia nuclear. Incentive os alunos a compartilharem suas opiniões e a fornecerem exemplos concretos de aplicação da radiação ionizante.

Exibir o vídeo selecionado, "A Física na Radioterapia", pausando quando necessário para reafirmar os conceitos discutidos anteriormente. Comente sobre as informações apresentadas no vídeo, relacionando-as com o debate realizado anteriormente. Destaque a importância da física e da ciência no desenvolvimento e aplicação da radioterapia.

Aproveite esse momento para dar algumas orientações para a próxima aula, como prazos, requisitos e critérios para os vídeos que serão apresentados pelos grupos. Se for necessário, realize o sorteio ou a escolha dos grupos que apresentarão seus vídeos, garantindo um planejamento adequado para o trabalho em grupo.

Essa abordagem permite revisar os conceitos anteriores, estabelecer um diálogo ativo com os estudantes, reforçar os conhecimentos por meio de um vídeo e incentivar a anotação de palavras-chave como atividade para a consolidação do aprendizado.

## VI. Avaliação

A avaliação decorrerá da interação entre os grupos e participação ativa com a atividade proposta. Valorizando as habilidades de expressão oral e escrita, assim como a sua capacidade de argumentação e articulação de ideias.

#### 4.4.7 Aula 7

Turma: 3º ano do Ensino Médio

Ano: 2022

Aula: 50 minutos

### **I. Objetivos gerais**

- Capacitar os alunos a compreenderem a interseção entre radioterapia e sociedade, explorando os impactos físicos e emocionais por meio de entrevistas com pacientes, ex-pacientes e profissionais da área de Ciências da Natureza.
- Proporcionar orientações sobre prevenções e tratamentos, visando não apenas o entendimento dos aspectos técnicos, mas também o desenvolvimento de empatia e conscientização sobre a importância do diálogo entre a ciência e a experiência humana.

### **II. Objetivos específicos**

- Promover o engajamento entre os grupos em fazer entrevistas com profissionais da área ou pacientes que estejam em tratamento ou que já passaram pelo processo de Radioterapia;
- Despertá-los para importância da prevenção, diagnóstico precoce e tratamentos do câncer.
- Relacionar a Física aplicada a Radioterapia;

### **III. Conteúdo**

- Radioterapia e Sociedade.

### **IV. Atividades**

### Sala de aula

- Data Show – Produção de vídeos dos alunos;
- Fontes audiovisuais.

## **V. Procedimento**

Antes de começar com as apresentações, ressaltar a importância da proposta pedagógica que está sendo desenvolvida. O objetivo é aprender não apenas sobre os conteúdos acadêmicos, mas também sobre as experiências de vida uns dos outros.

As entrevistas que serão apresentadas envolvem relatos de momentos importantes pelos quais os entrevistados passaram, momentos sensíveis que requerem respeito e empatia. Cada história é única e cada um dos estudantes teve vivências diversas que contribuem para a riqueza da nossa comunidade de aprendizado.

Ressaltar a seriedade durante as apresentações. É fundamental que todos estejam atentos, respeitosos e dispostos a aprender com as experiências compartilhadas.

Se o sorteio não foi feito para determinar a ordem de apresentação, saber se há algum grupo que se sinta pronto para começar. Quem gostaria de ser o primeiro a compartilhar sua entrevista?

Testar a reprodução dos vídeos para garantir que o som e a imagem estejam claros e visíveis para todos os alunos. Permita que eles apresentem o trabalho completo, compartilhando as entrevistas realizadas com profissionais da área ou pessoas que passaram por experiências relacionadas à radioterapia. Incentive-os a destacar os pontos mais importantes abordados nas entrevistas e a transmitir as informações de forma clara e envolvente. Incentive os alunos a compartilharem suas impressões, fazerem perguntas e expressarem a suas opiniões. Essa abordagem permitirá que os alunos apresentem seus trabalhos de forma colaborativa e engajadora, enquanto a discussão posterior ajudará a consolidar o aprendizado e a explorar diferentes perspectivas sobre a radioterapia.

## **VI. Avaliação**

A avaliação será de acordo com a apresentação das entrevistas reproduzidas em vídeo, áudio e escrita.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O intuito dessa proposta foi de despertar os discentes para situações do cotidiano em que a Física Moderna é atuante por não ser de fácil observação e interpretação, ou seja, bastante abstrata. Demonstrar para os estudantes que a física das radiações está presente no cotidiano e em seu entorno.

### 5.1 AULA 1

No primeiro contato houve a preocupação em esclarecer aos estudantes como ocorreria a sequência didática nas semanas seguintes e incentivá-los a manifestarem as suas concepções preexistentes, que estão enraizadas em seu senso comum e estrutura cognitiva.

Neste primeiro encontro, foram explicados os objetivos e a previsão de quantas aulas seriam necessárias, no caso, sete aulas, podendo sofrer alterações caso houvesse necessidade de melhora da proposta. A professora esclareceu aos estudantes que a participação era voluntária e não acarretaria prejuízo na avaliação se alguém se recusasse a fazer alguma das atividades.

A professora ficou atenta a dois objetivos específicos de acordo com a proposta CTS: o primeiro foi instigá-los com imagens e perguntas para que expusessem ideias e conhecimentos adquiridos por meios de comunicação e também pelo ambiente escolar; o segundo foi fomentá-los a interagir entre si com discussões através de dúvidas, opiniões e possíveis soluções para aperfeiçoar os seus conhecimentos.

#### 5.1.1 1º Momento – Apresentação de imagens e discussão com os alunos

Iniciou-se a aula orientando que cada aluno observasse cada imagem e dissesse o que representava cada situação e que as respostas fossem livres e fidedignas. Sem qualquer tipo de pesquisa, caderno, livro e internet, somente interação com os colegas e professora. Foi importante não divulgar o tema. O momento era de colher suas primeiras impressões e as falas dos alunos, identificando suas especificidades e dificuldades.

A primeira fase foi apresentar uma sequência de slides com imagens ilustrativas que prenderam a atenção de todos, pois muitas estavam relacionadas ao seu cotidiano.

Cada aluno, ao ler e interpretar a imagem, deu a sua interpretação particular baseada em seus conhecimentos prévios. A professora guiou seus alunos, fornecendo sugestões e

orientações para que o auxiliassem na expansão do conhecimento e na exploração de novas descobertas. Essa orientação não apenas enriqueceu o desenvolvimento acadêmico e reflexivo do aluno, como criou um ambiente propício ao aprendizado, especialmente ao considerar as reflexões proporcionadas pela leitura iconográfica. A utilização de imagens transcende a mera ilustração. Por isso, a professora demonstrou preocupação em estabelecer conexões entre a imagem e o conteúdo. De acordo com Frederico e Gianotto (2018), as contribuições das imagens no Ensino de Ciências são inquestionáveis. Dessa forma, é importante que o professor esteja constantemente atualizado, por meio de formação continuada, para explorar recursos potenciais que ampliem tanto os processos de ensino quanto os de aprendizagem, incluindo, neste contexto, o uso estratégico de imagens.

Durante esta etapa, ao apresentar cada slide, a pesquisadora provocava a turma com perguntas instigantes, como: o que quer dizer esse símbolo da figura 3? Para que serve esse aparelho da figura 4? Qual é o nome desse elemento químico? O que provocou a queimadura de exposição ao sol? Questionamentos foram aplicados a todas imagens, resultando em respostas diversificadas por parte dos alunos.

Foram selecionadas as cinco respostas, mais pertinentes:

- O que representa esta imagem da figura 3?

Figura 3 - Símbolo de radioatividade – trifólio



Fonte: <https://super.abril.com.br/cultura/dicionario-visual-trifolio>

- *esse símbolo já vi em hospital.*
  - *ventilador.*
  - *perigo.*
  - *radiação.*
  - *radioatividade, uma imagem representa muita coisa.*
- O que representa esta imagem da figura 4?



Figura 4- Aparelho de radioterapia



Fonte: [https://www.drjappedrosa.com/wpcontent/uploads/2016/09/iStock\\_51064592\\_LARGE.jpg](https://www.drjappedrosa.com/wpcontent/uploads/2016/09/iStock_51064592_LARGE.jpg)

- *Não sei. Parece exame de raio X do corpo todo.*
- *Nunca vi*
- *Exame de ressonância.*
- *máquina de raio X.*
- *Aparelho de radioterapia, já fiz um curso técnico em segurança do trabalho e tive que aprender radiação, por isso conheço esse aparelho.*
  
- Qual a ideia transmitida na imagem da figura 5?

Figura 5- Detecção em ambiente contaminado



Fonte: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Acidente\\_nuclear](https://pt.wikipedia.org/wiki/Acidente_nuclear)

- *Assustadora.*
- *Algo perigoso.*
- *Chernobyl.*
- *Covid 19.*
- *Contaminação, radioatividade.*

- Qual o procedimento utilizado na imagem da figura 6?

Figura 6- Radiografia do dente



Fonte: <https://odontoscan.com.br/noticias/259/rx-periapical-pra-que-serve-e-quando-e-indicado>

- *Não sei, parece que está tirando radiografia de alguém.*
  - *Parece que está no dentista para colocar aparelho nos dentes.*
  - *Tirando radiografia da boca.*
  - *Acho que o profissional colocando remédio na boca.*
  - *Dentista tirando radiografia de dente.*
- Qual a representatividade destes dois símbolos nas imagens das figuras 7 e 8? Por que as cores diferentes?

Figura 7- Novembro azul



Fonte: [https://gifs.eco.br/imagens-de-laco-novembro-azul-png/#google\\_vignette](https://gifs.eco.br/imagens-de-laco-novembro-azul-png/#google_vignette)

Figura 8- Outubro rosa



Fonte: <https://shopee.com.br/Camisa-Camiseta-C%C3%A2ncer-de-Mama-OutubroRosai.463020189.9448045>

- *Propaganda que <sup>1</sup>Ascomcer faz.*
- *Próstata e câncer de mama.*
- *Outubro rosa – câncer de mama e novembro azul – câncer de próstata.*

<sup>1</sup> Associação Feminina de Prevenção e Combate ao Câncer de Juiz de Fora, foi fundada em 04 de janeiro de 1963 por Maria José Baeta Reis

- *Outubro rosa – câncer de mama e novembro azul.*
- *Novembro azul conscientização para a prevenção do câncer da próstata e outubro rosa prevenção do câncer de mama.*
- O que há de comum nas imagens da figura 9 e 10?

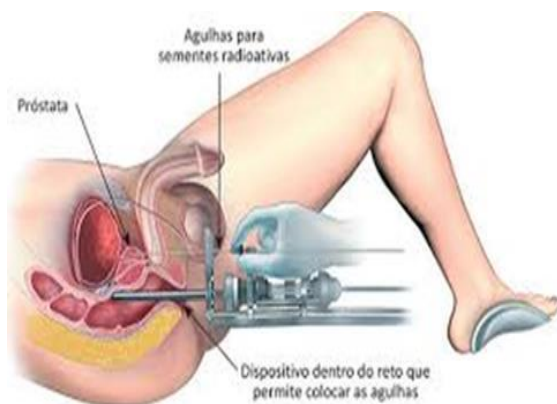
Figura 9 e Figura 10 - Retirada da mama



Fonte: <https://www.google.com/search?q=mastectomia+total&udm=2&sa=X&ved=2ahUKEwjArOzMicqGAxUOq5UC HAEQ4ChCs3AJ6BAgOEAA&biw=1366&bih=621&dpr=1>

- *Doença no peito.*
- *Infecção forte que a mulher vai perder as mamas.*
- *Inflamação na mama.*
- *Câncer na mama, minha mãe teve câncer e eu acompanhei o tratamento, ela sofreu muito.*
- *Câncer de mama.*
- O que há de comum nas imagens da figura 11 e 12?

Figura 11- Exame de toque



Fonte: file:///C:/Users/Tia/Documents/MESTRADO%20-%20ABRIL%202024/a-braquiterapia-no-tratamento-oncologico-do-sistema-reprodutor-humano.pdf

Figura 12- Exame de toque



Fonte: <https://segredosdomundo.r7.com/prostata/>

- *Na primeira imagem parece algum problema no intestino e onze exame na vagina.*
- *Parece que na primeira imagem é um homem fazendo exame de próstata e na segunda exame na mulher.*
- *Na primeira imagem é um exame de próstata e na onze já é um câncer na próstata, meu tio já teve esse câncer.*
- *Exame de câncer na próstata, parece ser.*
- *Exame preventivo da próstata e na segunda imagem parece que já tem um câncer na próstata.*
- *Já viram essa imagem alguma vez da figura 13?*

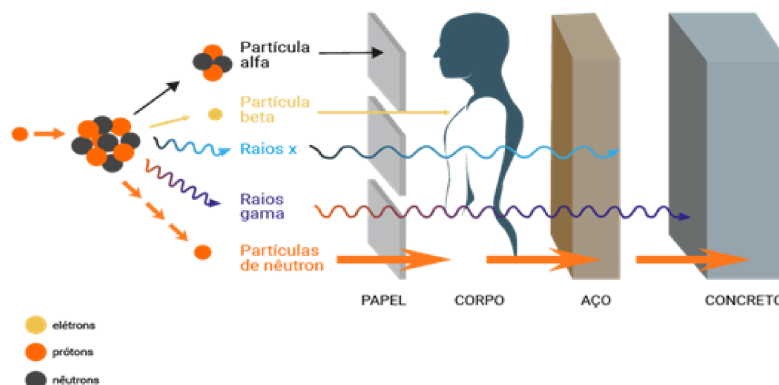
Figura 13- DNA



Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/doencas/radioterapia.htm>

- *Já sim, em ciências e biologia. É o DNA.*
- *DNA.*
- *DNA afetado.*
- *DNA que sofreu algum dano.*
- *DNA que fica dentro da célula responsável pelas nossas características. Nesse caso foi afetado por radiação...eu acho.*
- *Vamos lá! O que está acontecendo com este ser humano da imagem da figura 14?*

Figura 14- Efeitos da radiação no corpo humano



Fonte: <https://pt.linkedin.com/pulse/efeitos-da-radiao%C3%A7%C3%A3o-corpo-humano-andr%C3%A9-santiago>

- *Quatro estão passando pelo homem e só um não passou.*
- *A alfa parou no papel, a beta parou no homem, o raio X passou por ele todo, os raios gama ficou no concreto e essa última aí passou até mesmo no concreto...cruz credo...isso existe mesmo?*
- *A gente tá vendo que três passam pelo homem e duas não. O que é partícula? Não sei. Só sei que o concreto parece forte.*
- *Tô observando o raio X, é a mesma situação quando a gente tira radiografia do pulmão?*
- *Tem a ver com a penetração nas células do organismo quando a radiação passa por ela. Olha a gama, passa pela gente e para no chumbo, pois é uma radiação. Acontece quando a pessoa faz o tratamento com radioterapia. Perigosíssima. Eu conheço um pouco desse assunto*
- *Alguém já viu essa mão da imagem em algum lugar da figura 15? O que está representando?*

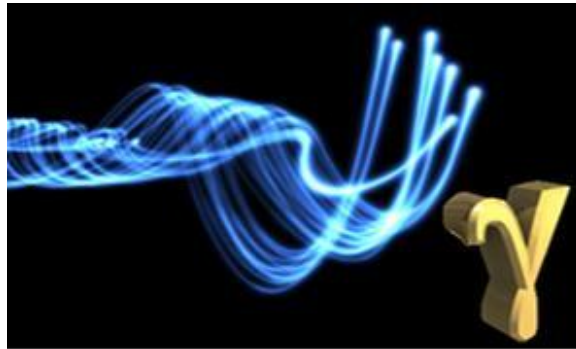
Figura 15- Foto histórica de raio X, tirada por Röntgen, da mão de sua esposa Anna Bertha



Fonte: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Radiografia-da-mao-da-esposa-de-Roentgen\\_fig4\\_341945686](https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Radiografia-da-mao-da-esposa-de-Roentgen_fig4_341945686)

- *Nunca vi, mas parece um raio X de uma mulher.*
- *Sei lá.*
- *Raio X da mão de uma mulher ou homem casado.*
- *Raio X de alguém com anel na mão esquerda...só sei isso...risos.*
- *Marrie Currie – a única mulher a receber prêmio Nobel de física e química-polonesa, por isso o Polônio. Li sobre ela e radioatividade no curso que fiz.*
- *O que dizem sobre esta imagem da figura 16?*

Figura 16- Raio gama



Fonte: <https://www.manualdaquimica.com/fisico-quimica/emissoes-radioativas-alfa-beta-gama.htm>

- *Já vi essa figura...só esqueci o nome e nem sei onde é aplicado.*
- *Parece fibra óptica...cabos de luz e parece um Y.*
- *EPIs...como fala aquela letra Y?...risos.*
- *É a letra que representa os raios gamas.*
- *Representa um raio gama que é aplicado na radioterapia.*
- *Vamos para as próximas imagens. Digam por que será que a três imagens estão nesta sequência, sendo que são alimentos na figura 17?*

Figura 17- Frutas e agrotóxicos



Fonte: <https://www.preparaenem.com/quimica/uso-radiacao-alimentos.htm>

- *Laranja estragada, banana e colocando remédio no tomate para não estragar rápido...risos.*
- *Laranja...uai, esse símbolo é igual ao da primeira imagem...volta lá professora...ah tá, tem algum perigo nela, penca de banana e um tomate.*
- *Laranja tá contaminada, banana e tomate com agrotóxico.*
- *A laranja tá com radioatividade, cacho de banana e tomate com agrotóxico.*
- *Laranja radioativa, banana e tomate com agrotóxico.*
- *O que são esses círculos rosas na imagem da figura 18?*

Figura 18- Sinais de eletroeletrônicos



Fonte: <https://genial.guru/articles/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-la-radiacion-electromagnetica-en-tu-hogar-1123960/>

- *Por Deus, se a senhora não fala nem tinha visto isso...risos...vi um cara de frente num computador...sinceramente, não sei.*
- *Tá dando pra perceber que alguns aparelhos ao seu redor é que tão emitindo esses círculos, mas por quê?*
- *Os aparelhos que ele tá usando estão emitindo as ondas e tão chegando nele, por isso que ele tá ouvindo e vendo.*
- *São ondas emitidas pelos aparelhos e ele está nesse meio. Como a gente aqui está recebendo algumas ondas dos celulares, da luz, do sinal do intervalo, do computador sua professora e mais outros que já não sei falar.*
- *A pessoa está sendo bombardeado por ondas eletromagnéticas que os aparelhos elétricos emitem e isso acontece com a gente todo dia em vários locais... vocês esqueceram das antenas de celulares.*

Nas imagens de mais difícil entendimento houve a necessidade de um maior esclarecimento por parte da professora.

Neste momento, o que importava era coletar o conhecimento prévio para melhor estruturar a proposta em busca do conhecimento científico de cada estudante. Ao final da apresentação das imagens foi importante perguntar: qual o conteúdo físico comum entre todas as imagens que vocês viram? A resposta esperada era “radiação”. A maioria respondeu “radiação”, mesmo a turma concluindo o ensino médio após dois anos de pandemia “COVID

19”, de modo que existia a preocupação de como ia ser o desenrolar das aulas. Aqui, a professora lançou perguntas motivadoras para toda turma:

- O que vocês sabem sobre radiação, ela pode matar ou salvar? Como algo que mata pode salvar vidas?

Turma: A maioria ficou confusa na resposta se a radiação pode matar ou salvar. Alguns responderam que mata.

- O que é o câncer? Alguém tem familiares ou amigos próximos com câncer? Que tipo de tratamento fez?

Turma: Falaram que câncer mata e que parentes próximos ou amigos tiveram câncer , fizeram tratamento com radioterapia e quimioterapia.

### 5.1.2 2º Momento – Construção de Nuvem de Palavras

Logo em seguida, abriu-se a discussão informal sobre o que haviam visto nas imagens e acontecimentos do cotidiano relacionados a radiação. Mas, nessa primeira aula quem menos falava era a docente, deixando o assunto fluir entre os alunos. O próximo passo era para continuar cada um em seu assento para executar a primeira atividade, mas os alunos, argumentaram que em grupo seria mais produtivo, então foi orientado que montassem quatro grupos de quatro membros que deveriam permanecer até o final da proposta.

Depois dos grupos formados, a professora entregou uma folha de ofício A4 para que cada grupo construísse sua nuvem de palavras. Alguns não sabiam o que significava e outros falaram que era igual à do programa da Fátima Bernardes e para facilitar a compreensão da tarefa, a professora mostrou dois slides, um colorido (fig. 19) e outro em preto e branco, com nuvem de palavras como exemplo.

Figura 19- Exemplo nuvem de palavras

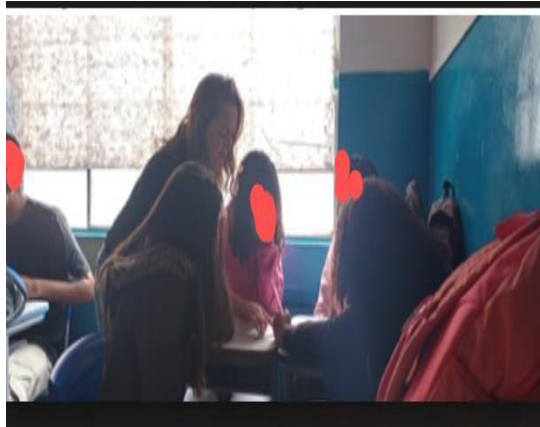


Fonte: Própria da autora (2022)



A orientação era para que escrevessem palavras em tamanho maior se tivesse mais relevância, na horizontal/vertical, relacionadas ao que tinham visto nas imagens e das discussões anteriores a esta tarefa sem a interferência da docente, ou melhor, deixando livre a sua construção. Mesmo assim, as perguntas vinham a todo momento “professora, que palavra tenho que colocar aqui?” (fig. 20).

Figura 20- Interação professora-alunos



Fonte: Própria da autora (2022)

Figura 21- Nuvem de palavras do grupo 3



Fonte: Própria da autora (2022)

Destaque, aqui, foi para palavra MORTE em tamanho grande e preta (fig. 21), onde um integrante do grupo falou que a palavra morte tinha que ser a maior e de cor preta, sendo que a palavra tratamento ficou com pouco destaque.

O resultado dessa tarefa foi gratificante porque todos os grupos se empenharam em fazer a atividade de forma interativa. O interessante que o grupo 3 foi o mais empolgado, sendo que eram os menos participativos nas aulas de física durante o ano letivo, diferentemente do grupo 4 em que as expectativas eram maiores por conter uma aluna mais interessada, por fazer cursinho preparatório PISM III e pela família trabalhar na área de saúde em hospitais de Juiz de Fora/MG.

Após o término da aula, uma tarefa foi compartilhada no grupo do WhatsApp, solicitando aos alunos que pesquisassem na internet sobre como elaborar um vídeo para apresentação no encerramento desta proposta pedagógica. Além disso, foi fornecido um link com uma sugestão de vídeo. A professora, ao enviar essa mensagem pelo WhatsApp, incluiu algumas orientações importantes:

A entrevista pode ser conduzida de forma escrita, em vídeo, em áudio ou audiovisual.

- Os vídeos devem ter no máximo 3 minutos de duração.
- Certifique-se de que a voz, imagem e escrita no vídeo sejam de fácil compreensão.
- A entrevista precisa estar alinhada com os conteúdos abordados.
- Qualquer dúvida sobre a realização da entrevista pode ser esclarecida durante as aulas ou por meio de mensagens escritas ou de áudio no grupo do WhatsApp.

Sugestão de vídeo disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=rvZPMj9Iwvc>

## 5.2 AULA 2

### 5.2.1 1º Momento – Continuação com apresentação de imagens e atividade dissertativa

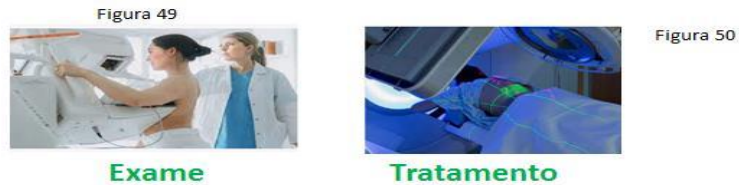
Esta aula 2 foi trabalhada logo em seguida a aula 1, a pedido da direção escolar, a professora deu sequência com a proposta na aula seguinte, por falta do professor de matemática.

A SD foi elaborada para aulas de 50 min em dias distintos, mas a professora percebeu que a aula 2 seguida da aula 1 foi bem interessante para fluidez das discussões entre alunos e professora.

Nesta aula, foram apresentados três slides (fig. 22) contendo dez figuras, onde pudessem perceber que a radiação traz consequências indesejáveis quando usada de forma

descontrolada, mas que usada de forma consciente e controlada pode trazer muitos benefícios a sociedade. O intuito era começar a mostrar através de imagens ilustrativas situações reais do dia a dia, mesmo vistas nas mídias sociais em que a radiação pode ser benéfica ou não.

Figura 22- Apresentação das imagens



**Vítimas do Césio – 137 Goiânia 13/09/1987**



Fonte: Própria da autora (2022)

Interessante mostrar os dois lados da radiação eletromagnética (Ionizante) para os estudantes começarem a dividir opiniões, pois até então radiação era algo que só matava. Afinal, motiva argumentos favoráveis e contrários, amparados por boas e convenientes razões.

E através destas figuras ilustrativas, a professora colocou figuras de dois grandes e terríveis acidentes envolvendo radiação. Será que os alunos sabem sobre estes acidentes? Para surpresa da professora, a maioria nunca tinha ouvido falar do acidente em Goiânia – Césio 137. No entanto, a maioria já tinha ouvido falar do acidente de Chernobyl e ainda teve aluno explicando para maior parte como foi o ocorrido. Dentre as imagens, nos slides, os alimentos proporcionaram uma boa discussão, pois não sabiam do uso de radiação para preservar alimentos.

Comentário de aluno:

- “Uai professora, a senhora está falando sobre radiação, não é? Por que, então, essas frutas estão aí? Então, agrotóxico é Agro = roça e tóxico = radiação? É isso?”

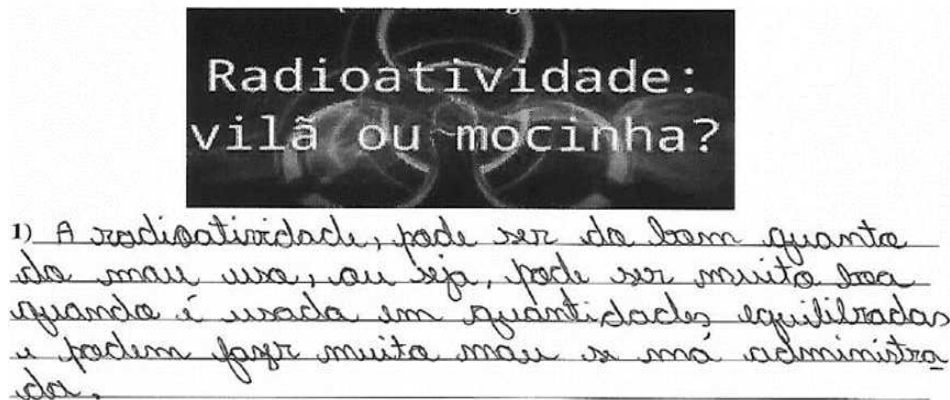
Neste momento, a professora disse: já observou que os alimentos industriais que compramos em mercados estão bonitos, bom estado de conservação, crocantes e com uma vida útil maior? Será que a radiação tem a ver com isso? Interessante levantarmos hipóteses para que vocês construam ou desconstruam determinados conhecimentos.

A partir destes três slides bons comentários surgiram por parte dos alunos (fig. 23). Foi importante a professora não interferir, pois o objetivo nesta Aula 2 era levantar os subsunçores da turma no intuito de aprimoramento da proposta.

Após despertá-los para alguns benefícios da radiação eletromagnética (ionizante) no cotidiano, a professora entregou uma folha A4 contendo três questões (Apêndice A), onde cada grupo deveria descrever em poucas linhas sobre o que representava cada figura. O uso do celular com acesso à internet, durante toda esta aula 2, estava proibido.

Na questão 1 (fig. 23), percebe-se que os grupos começaram a absorver informações passadas pelas figuras ilustrativas e discussões entre eles. Nesta atividade, a ideia era que colocassem no papel seus conhecimentos sobre a questão: o que mata, pode salvar? Nesta aula, a professora já começou a notar uma mudança de pensamento, pois a maioria dos alunos achava que radiação era muito perigoso a ponto de matar. Já nesta etapa da aula, através das respostas da questão 1, eles estão começando a perceber que a radiação pode trazer benefícios à sociedade quando ministrada de forma consciente.

Figura 23 - Questão 1



Fonte: Própria da autora (2022)

A questão 2 (fig. 24) traz dois símbolos, rosa e azul, bastante divulgados nas redes sociais, panfletos, outdoors, TV, jornais, revistas.

A maioria entende que esses dois símbolos estão relacionados com câncer de mama e próstata, pelas propagandas nas mídias do Outubro Rosa e Novembro Azul. Nota-se que, ainda está um pouco confuso para eles o uso da radiação na Radioterapia para tratamento do câncer. Relacionaram de forma equivocada atividades radioativas na Quimioterapia.

A intervenção era feita de forma a levantar hipóteses sobre o assunto para que os estudantes iniciassem suas respostas com possíveis soluções. Destaca-se que os símbolos

estão em preto e branco, mas a professora passou com o original colorido mostrando para todos os grupos.

Figura 24- Questão 2

2) Você conhece esses dois símbolos? Se sim, qual a relação que eles possuem com as atividades radioativas (radiação) ?



Sim, sua relação é os tratamentos através de atividades radioativas, como a quimioterapia.

Fonte: Própria da autora (2022)

A questão 3 (fig. 25) dividiu opiniões com relação ao aparelho. Dois grupos conseguiram identificar o aparelho de Radioterapia, sendo que um membro de cada um desses dois grupos é de família da área da saúde e o outro estudante técnico de segurança do trabalho. Já o outro grupo disse que era aparelho de tirar radiografia. Esta resposta, abaixo, chamou atenção por não conhecer este aparelho. A imagem não está muito nítida devido ao fato de ser xerox, mas a professora passou por todos os grupos mostrando a imagem original colorida.

Figura 25- Questão 3

3) Você conhece esse aparelho? Para que serve?



Não conheço.

Fonte: Própria da autora (2022)

Nessa etapa concluída, a proposta começou a despertar o interesse pela aula de física, onde os alunos menos interessados começaram a ter uma maior participação nas dúvidas, opiniões e possíveis soluções. Já no início da aplicação desta proposta, foi possível observar uma certa sensibilidade aflorando de certos estudantes, talvez por passar ou já ter passado com parentes ou amigos períodos difíceis desde o diagnóstico de câncer até o final do tratamento.

Em sala de aula, entendimentos vão sendo construídos por meio do processo interativo entre professor, alunos, conhecimentos e materiais em que acontecem investigação, argumentação e projeta possíveis soluções. A proposta para esta aula 2 contribuiu bastante para o engajamento e aguçar os estudantes para um diagnóstico de Câncer que acomete a população mundial e que muitas vezes a solução está no tratamento através da Radioterapia.

Ao final da aula, mesmo não surgindo dúvidas imediatas sobre a realização da entrevista, foi necessário reforçar alguns critérios a serem considerados: A) explicar o propósito da entrevista de maneira clara e concisa; B) manter a duração da entrevista dentro de um limite máximo de 3 minutos; C) escolher o formato da entrevista, que pode ser em formato escrito, áudio ou audiovisual; D) assegurar que a entrevista seja conduzida de maneira respeitosa, sem constranger o entrevistado; E) enviar a entrevista finalizada por e-mail ou WhatsApp para a professora antes da última aula para a professora analisar; F) demonstrar seriedade durante a realização da entrevista; G) expressar gratidão ao término da entrevista.

A turma foi avisada que após o horário da aula receberiam duas tarefas, via whatsapp, para serem realizadas em casa. A tarefa era: assistam aos vídeos recomendados para aprofundar a compreensão do conteúdo subsequente. Caso não consiga assistir os dois vídeos, então assistam pelo menos um deles.

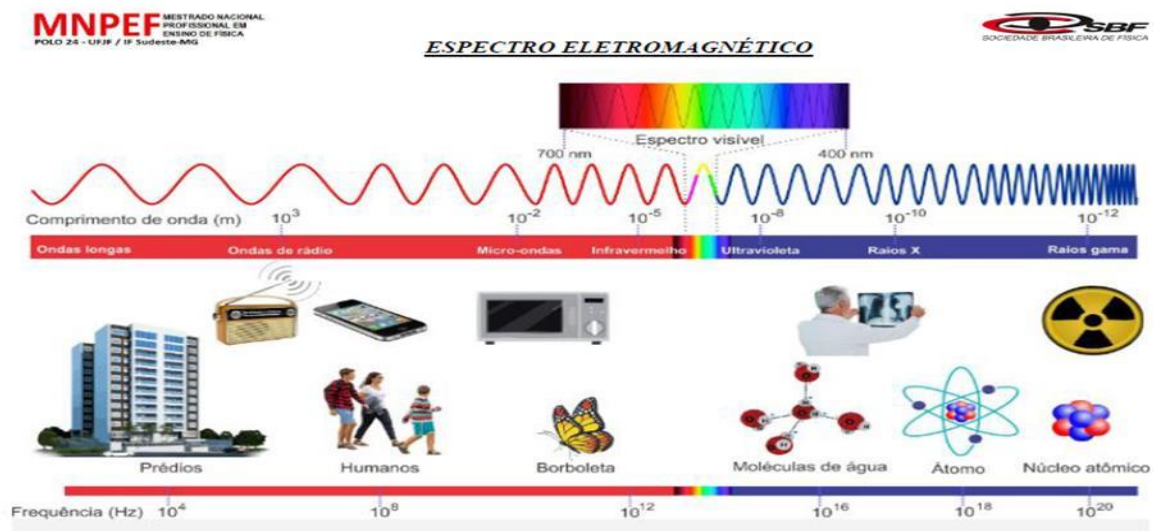
- Vídeo Youtube: Espectro Eletromagnético <https://www.youtube.com/watch?v=mdTT0uPivbl>
- Vídeo Youtube: Espectro Eletromagnético – UNIVESP <https://www.youtube.com/watch?v=-8xKSt0sY9Q>

### **5.3 AULA 3**

#### **5.3.1 1º Momento – Apresentação do Espectro Eletromagnético**

Foi apresentado, através de slide no Data Show, esta imagem do espectro eletromagnético (fig. 26) para todos e também distribuído para cada um uma cópia colorida deste espectro. É interessante que seja colorido, pois é uma forma de chamar atenção através de figuras e cores.

Figura 26- Espectro Eletromagnético



Fonte: <https://www.linkedin.com/pulse/aplica%C3%A7%C3%B5es-do-espectrofot%C3%B4metro-uv-vis-para-an%C3%A1lises-de-martins>

De início os alunos já perguntaram: o que é isso? A maioria não sabia o que significava. A professora explicou que era um espectro eletromagnético, mas não disse o que representava, pois, o interessante, aqui, era que aos poucos eles fossem conseguindo observar os desenhos da figura que ajudaram bastante na identificação das ondas eletromagnéticas. A primeira pergunta que a professora fez: o que representa o espectro eletromagnético (fig. 27)?

A princípio, foi produtivo deixá-los falar sobre o que continha naquela imagem, expondo sua visão, emitindo opinião e argumentando. Conseguiram perceber que existe uma sequência de tamanhos nos desenhos, em que, da esquerda para direita, se diminui os tamanhos. O primeiro desenho que falaram foi o micro-ondas e depois o celular – Wi-Fi, talvez por estar na casa da maioria.

Figura 27- Interação dos alunos com a professora



Fonte: compilação da autora

Quais figuras do espectro estão mais próximas do seu cotidiano? Alguns mencionaram a chapa de raio X e a luz ultravioleta proveniente do sol. No entanto, é preocupante o fato de que em nenhum momento se abordou a faixa da luz visível. Com relação à energia, qual onda do espectro terá maior energia? Apenas uma aluna observou que o símbolo da radioatividade estava localizado no final da figura à direita, comentando que se tratava do núcleo atômico com alta frequência. Quando perguntados se energia e frequência são diretamente proporcionais ou inversamente proporcionais os estudantes ficaram confusos.

Vale ressaltar que um dos objetivos desta aula era que os estudantes fossem capazes de associar que, à medida que o comprimento de onda diminui, a frequência aumenta, resultando em maior energia.

Para iniciar a explicação, a professora apresentou algumas imagens através de slides, destacando as aplicações das ondas de rádio (fig. 28 e fig. 29) e micro-ondas, ressaltando tanto seus benefícios para a sociedade quanto as possíveis consequências do uso indevido. Nesse momento, a professora já havia organizado os materiais necessários para cada experimento, alinhando-os com a sequência de slides. Isso significa que, ao exibir o primeiro slide sobre ondas de rádio e micro-ondas, os materiais estavam prontos para a demonstração relacionada às duas primeiras ondas do espectro, caracterizadas por menor energia.

Durante a elaboração desta aula, a docente preocupada com a compreensão deste conteúdo pelos alunos pensou em utilizar experimentos de baixo custo na tentativa de explicitar o conteúdo que não é de fácil entendimento. Com dificuldades para elaborar experimentos sobre ondas eletromagnéticas, ao assistir um vídeo<sup>2</sup> pelo Youtube “Ciências – Radiações Eletromagnéticas”, onde o professor de Ciências do nono ano fundamental demonstrava as situações correlacionando o experimento com cada onda do espectro, a professora teve a ideia de juntar alguns materiais, testar em casa e levar para sala de aula junto com a cópia colorida do espectro eletromagnético e começar a explicação das ondas eletromagnéticas. A professora solicitou que todos se aproximassem para acompanhar de perto os experimentos e as explicações.



Figura 28- Apresentação das imagens  
**ONDAS DE RÁDIO E MICRO-ONDAS**



Figura 58



Figura 59



Figura 60



Figura 61

Fonte: Compilação da autora(2022)

Figura 29- Apresentação das imagens  
**ONDAS DE RÁDIO E MICRO-ONDAS**



Figura 54



Figura 55



O Beidou no GPS é um tipo de sistema de localização administrado pelo governo chinês. (imagem: Pinterest)

Figura 56



Figura 57

Fonte: Compilação da autora(2022)

## EXPERIMENTO 1 - ONDAS DE RÁDIO

Figura 30- Ondas de Rádio



Fonte: de própria autoria (2022)

Foi usado um circuito elétrico simples, uma única pilha de 12V Alcalina A23(Rayovac), fios condutores, uma placa de alumínio e um rádio com antena (fig. 30). Com isso, o aluno começou a perceber que algo “não visível” estava causando uma perturbação na transmissão da música aparecendo um “chiado”. Quando se trata de experimento, geralmente, o aluno fica mais atento esperando o que vai acontecer. Dois alunos mais interessados perguntaram a causa do chiado ao aproximar a plaquinha da antena. A professora explicou que ao fechar o circuito, cria-se uma onda eletromagnética que ao aproximar da antena do rádio causa interferência com as ondas eletromagnéticas que estão sendo captadas pela antena.

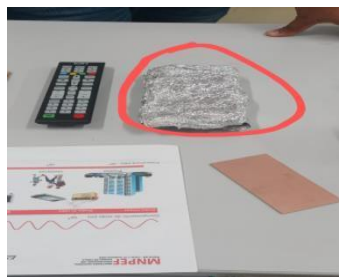
<sup>2</sup><https://www.youtube.com/watch?v=zWs0HfFUE0U>. Acesso em Julho de 2022.

O efeito poderia ser mais bem observado se o rádio abrangesse faixas de radiofrequências de 30 MHz a 300 MHz, conhecidas como VHF (Very High Frequency - Frequência Muito Alta), e UHF (Ultra High Frequency - Frequência Ultra Alta), que vai de 300 MHz a 3 GHz. No entanto, não foi viável trazer para a sala de aula outro rádio com essas especificações devido à dificuldade em obter um emprestado. O experimento foi realizado com o rádio disponível da professora, o qual abrange apenas a faixa de radiofrequência da ordem de 100 MHz, permitindo a conexão com apenas seis emissoras.

Foi um momento de bastante empolgação pela turma, pois estavam falando sobre aparelhos que são bem familiares para cada um, como: TV digital, GPS(Satélites), Telefonia móvel, Radar e AM/FM. Todos identificaram as imagens com facilidades, pois são aparelhos presentes no seu dia a dia ou no seu entorno. O mais interessante nessa interação foi que um aluno citou que existe uma Lei Nacional para aparelhos de telecomunicações que emitem ondas de rádio com uma determinada frequência e pode interferir em sinais de voos. Daí, a docente pediu que observassem no espectro colorido a intensidade da frequência e o comprimento de onda para onda de rádio. Notem que o valor do comprimento de onda é grande e a frequência é pequena, conseqüentemente a energia é menor, não causando danos mais sérios às células e sim um possível aquecimento.

## EXPERIMENTO 2 - MICRO-ONDAS

Figura 31- Ondas Micro-ondas



Fonte: de própria autoria (2022)

Esta experiência (fig. 31) usando uma folha de alumínio e um celular é bem conhecida pelos professores para demonstrar a Gaiola de Faraday. A professora pediu para que um aluno ligasse para seu celular, atendeu e mostrou que ambos os celulares estavam trocando informações normalmente. E se envolver um dos celulares nesta folha de alumínio, o que poderá acontecer? Muitos responderam, não sei. O celular da professora foi embrulhado pelo papel alumínio e o aluno ligou de novo. Todos ansiosos. Não acredito. Agora quero ver. Será

que vai tocar? O telefone não chamou, ou melhor, deu fora de área. A turma ficou muito entusiasmada e curiosa. A fala de uma aluna foi a melhor: “uai...professora...já sei...quando eu quiser dá um perdido no meu namorado é só eu levar uma folha de alumínio...risos”.

Todos ficaram atentos à explicação sobre o porquê da folha de alumínio refletir esta onda eletromagnética. Não estamos vendo, mas já percebemos que existem e estão ao nosso redor. Mas, neste experimento, o interessante era falar sobre as micro-ondas, o forno micro-ondas e o porquê de não se poder colocar materiais metálicos no forno micro-ondas e ligar. Explicar sobre as reflexões sucessivas das micro-ondas que ocorrem dentro do forno causando aquecimento excessivo com faíscas pegando fogo. No espectro eletromagnético, as micro-ondas já possuem o comprimento de ondas menor um pouco que das ondas de rádio e a frequência está aumentando, resultando em uma maior energia. Neste momento, a professora iniciou a explicação sobre a natureza das grandezas físicas, destacando as relações de proporcionalidade direta e inversa. Orientou os alunos a focarem nos valores numéricos da frequência e do comprimento de onda. Ao observar o comprimento de onda, percebam que, à medida que a frequência aumenta, o comprimento de onda diminui, evidenciando a relação de inversa proporcionalidade entre essas grandezas. Por outro lado, ao aumentar a frequência, notamos um aumento correspondente na energia, estabelecendo assim a relação de proporcionalidade direta entre essas duas grandezas.

### EXPERIMENTO 3 - INFRAVERMELHO

Figura 32- Algumas aplicações dos raios infravermelhos



Fonte: de própria autoria (2022)

Citaram a figura 64 do slide imediatamente, pois associam a armas de militares com visão noturna. Explicaram que este equipamento permite que os soldados vejam e

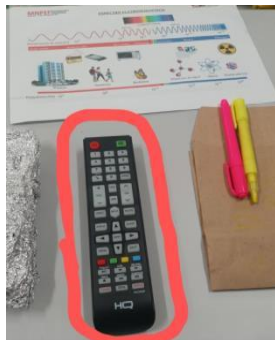
identifiquem pessoas ou animais com baixa luminosidade ou até mesmo na escuridão. Nesta hora, a professora perguntou: como é possível enxergar algo na escuridão total sem termos uma lanterna, por exemplo???

As respostas vieram com uma certa empolgação por alguns alunos, onde destaco três das mais relevantes:

- *quando o soldado mira no inimigo, o calor do sangue que fica circulando no corpo mostra na arma.*
- *então, eu sei que tem um sensor que capta o sangue...uma cor mais avermelhada é onde o sangue tá passando.*
- *meu irmão já serviu o exército e ele falou que saem a noite pro mato com este tipo de câmera e óculos e aí quando mira no animal ou pessoa, o calor da pessoa que é a radiação que emite, esse sensor detecta.*

A figura 67 do slide causou um pouco de surpresa, pois não sabiam do uso desta onda eletromagnética no uso de detector de presença e movimento.

Figura 33- Controle Remoto de TV



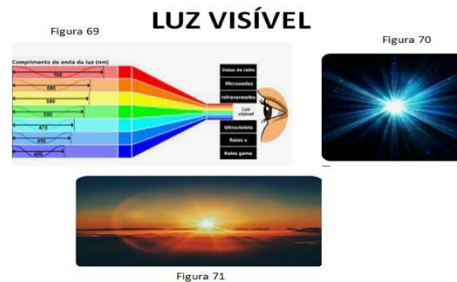
Fonte: de própria autoria

Aproveitando a boa interação que estava ocorrendo, a professora apontou o controle remoto (fig. 33) para TV a fim de ligar, mas antes chamou a atenção para que observassem se a luz do controle ia piscar. Ficaram atentos e nada viram. Então, a professora abriu a câmera do próprio celular a acionou as teclas do controle direcionando para o celular. E agora, estão vendo a luz do controle piscando através da câmera do celular? Dois alunos já sabiam dessa experiência e os demais acharam muito interessante. A professora explicou que: *estes experimentos são para que vocês comecem a perceber que a maior parte das ondas não são diretamente percebidas por nós, mas podem ser detectadas ou sentidas de outras maneiras.*

*Interessante vocês observarem que esta onda tem energia maior que as micro-ondas, mas não causa danos aos organismos vivos.*

## EXPERIMENTO 4 - LUZ VISÍVEL

Figura 34- Luz Visível



Fonte: de própria autoria

Os alunos inicialmente não tinham uma compreensão clara de que a luz visível (fig. 34) é apenas uma faixa específica dentro do espectro eletromagnético, e que existem outras faixas de frequência além dela, como o ultravioleta, raios X e raios gama.

A professora aproveitou uma situação prática, utilizou a caneta laser, para questionar os alunos: a cor vermelha emitida pela caneta está na faixa do infravermelho ou da luz visível? A maioria ficou confusa. Relatos de cinco alunos em que as repostas foram pertinentes:

- *professora, pensando bem eu acho que é um infravermelho porque tô associando com a luz da televisão, do som e tem uma coisa que tô pensando agora...vermelho tem a ver com infraVERMELHO. Viu, professora, eu falo pra caramba, mas presto atenção de vez em quando...risos na turma.*
- *bom, eu tô com dúvida nessa pergunta porque a senhora falou que a luz que vemos é a luz visível e estamos vendo a luz vermelha saindo da caneta, mas ao mesmo tempo acredito que se encaixa nessa faixa aí antes da luz visível...como é que chama mesmo? ...alguém da turma respondeu infravermelho.*
- *Gente, será que isso vai cair no pism? Tô ferrada se cair. Se for de marcar x eu marcaria infravermelho...risos*
- *Professora, o laser é um feixe de luz bem concentrada, num é? Com muita energia até capaz de cortar vidro e uns outro negócio aí, então acredito que se fosse pra eu marcar x na prova eu marcaria luz visível porque a luz visível tem uma frequência*

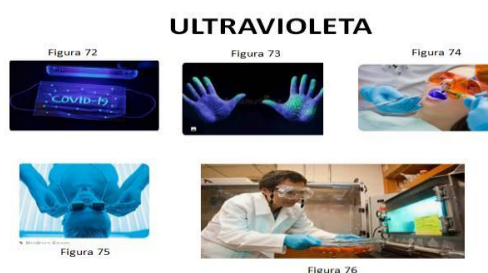
*maior que o infravermelho...quer dizer que tem energia maior...viu viu vocês não prestam atenção na aula...risos.*

- *Olha, pela experiência que foi feita com o controle remoto acredito que o laser esteja na faixa da luz visível, porque senão a gente não ia vê a luz vermelha.*

As respostas equivocadas dos alunos, ao associarem a cor vermelha ao infravermelho, revelam uma lacuna no conhecimento prévio sobre as diversas faixas do espectro eletromagnético. Este momento foi crucial para esclarecer e corrigir essa percepção equivocada. Foi destacado que o termo "LASER" se refere à Amplificação de Luz por Emissão Estimulada de Radiação, é capaz de gerar radiação eletromagnética coerente, comumente na forma de luz visível, infravermelha ou ultravioleta, através de um processo de amplificação e emissão estimulada. São conhecidos por sua capacidade de produzir luz altamente direcional, monocromática (de uma única cor ou comprimento de onda) e coerente (as ondas de luz estão em fase). Essas características únicas fazem com que os lasers sejam amplamente utilizados em diversas aplicações, como comunicações, medicina, indústria, pesquisa científica e entretenimento. A professora mostrou no espectro eletromagnético que o infravermelho está a uma posição anterior à faixa da luz visível, com comprimentos de onda maiores que a cor vermelha, enquanto a luz visível é composta pelas cores do arco-íris que podem ser detectadas pelo olho humano.

## EXPERIMENTO 5 - ULTRAVIOLETA

Figura 35- Aplicações do raio ultravioleta



Fonte: de própria autoria

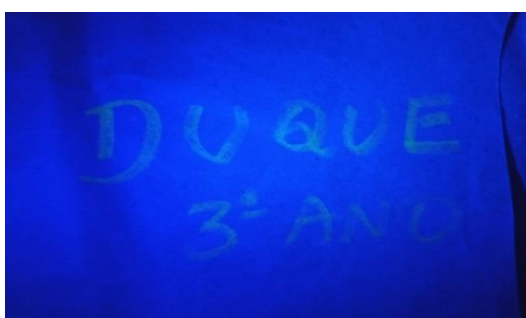
Neste slide (fig. 35) são apresentadas algumas imagens com aplicações dos raios ultravioletas, nesse momento, perguntou-se aos alunos se eles reconhecem algumas das aplicações desses raios. As respostas foram as mais variadas. Destacarei cinco das mais relevantes:

- Uai, tá faltando o sol aí professora...consigo reconhecer a máscara do COVID e a mulher naquelas máquinas de ficar morena.

- Eu acho que tem a vê com a luz negra, professora. Acertei?
- É a luz negra sim e também esterilizando materiais cirúrgicos.
- A mãe fala que essa tal de luz negra que se a gente tiver com dente quebrado e for numa festa que tiver essa luz aí, a gente tem que ficar de boca fechada porque senão parece que tá sem dente...risos na turma toda.
- Esterilizando a máscara, a luz negra, tratamento de dente, câmara de bronzeamento artificial e esterilização de material.

Esta experiência ilustra (fig. 36) a diferença entre a luz visível e a luz ultravioleta, assim como a capacidade de filtragem de certos materiais. Corte pelo menos três pedaços de fita durex ao meio 1cm x 1cm e aplique um por um sobre a lanterna da caneta laser. Em seguida, tinta cada pedaço de fita adesiva com uma caneta azul, começando do primeiro até chegar ao último. Esse procedimento simula a filtragem da luz visível, destacando a proximidade do azul com a faixa do ultravioleta. Para criar um ambiente propício, a professora improvisou escurecendo a sala com tecido TNT preto nas duas janelas e apagando as luzes. Acenda a lanterna da caneta já equipada com a fita durex e escreva uma palavra no papel pardo usando uma caneta marca texto. Em seguida, direcione a lanterna para o papel, revelando a palavra de maneira mais nítida no escuro.

Figura 36- Luz Negra



Fonte: de própria autoria (2022)

Neste ponto, tornou-se crucial esclarecer a razão por trás do fenômeno observado, uma vez que dúvidas surgiram entre todos os alunos. A seguir, apresento as perguntas dos quatro alunos mais curiosos:

- *Professora agora quero entender como foi feito isso. Esse é o mesmo efeito da luz negra?*

*Respostas:*

*Professor: sim, é uma ilustração da luz negra (UVA) que é uma fonte artificial produzindo uma luz menos energética. A luz foi absorvida ou dispersada sendo*

*possível observar como a luz visível é bloqueada, enquanto a luz azul mais próxima do ultravioleta consegue passar.*

- *Por que tem que colocar esse monte de durex?*

*Professor: o durex é mais transparente a passagem da luz. Para bloquear a luz visível e deixar passar a luz azul.*

- *Posso fazer com uma lanterna maior?*

*Professor: até pode sim, mas você vai gastar mais durex, mais caneta e não vai conseguir um direcionamento eficaz da luz, pois vai dispersar mais que na lanterna pequena.*

- *A cor da caneta tem que ser azul?*

*Professor: para esta finalidade sim, pois o intuito é deixar passar somente a luz azul que se aproxima mais do ultravioleta.*

Somente uma porção específica do espectro eletromagnético é irradiada pelo sol. Por isso a importância da proteção contra a exposição excessiva aos raios ultravioleta, que podem causar danos à pele e aumentar o risco de doenças como o câncer de pele. Portanto é recomendável utilizar protetor solar diariamente, inclusive antes de dormir, pois o menor comprimento de onda da luz ultravioleta permite que ela se aproxime das células da pele em um nível mais profundo do que a luz visível tendo a capacidade de penetração devido sua maior energia. Quando a luz ultravioleta incide sobre as células da pele, pode resultar em danos no DNA celular. Muito importante que comecem a compreender que essa interação é o mecanismo para o tratamento do câncer por meio da Radioterapia.

Durante toda essa aula os alunos não falaram da vitamina D. Foi necessário intervir e lembrá-los da importância dos raios UVB para que ocorresse a reação fotoquímica em nosso corpo e fosse produzido a vitamina D, mas essa exposição deve ser evitada de 10h da manhã às 16h da tarde, segundo a Revista Veja<sup>3</sup>.

Para fomentar mais as discussões, a professora lança uma pergunta: “se o sol emite radiação no infravermelho, luz visível e ultravioleta, porque somente o ultravioleta causa câncer de pele? Entre as respostas obtidas foram: “ela tem mais energia”, “vai até nas camadas inferiores”, “ela é muito mais forte que essas aí” e “é mais nociva que as outras”.

---

Veja<sup>3</sup> <https://veja.abril.com.br/saude/afinal-quais-os-horarios-mais-perigosos-para-tomar-sol>



Esta indagação não estava prevista na proposta original, mas surgiu em um momento importante da aula que proporcionou à instrutora a oportunidade de avaliar o entendimento dos alunos até aquele ponto em relação à interação entre maior energia, maior penetração nas células e seu impacto no DNA de forma mais geral, pois este assunto será tratado com mais ênfase em aulas seguintes. A professora refletiu: *"Estou seguindo a direção certa"*.

Destacar que as três últimas radiações do espectro eletromagnético são classificadas como radiação ionizante.

### EXPERIMENTO 6 - RAIOS X

Figura 37- Aplicações envolvendo raio X

## RAIO X

Figura 77



Figura 78



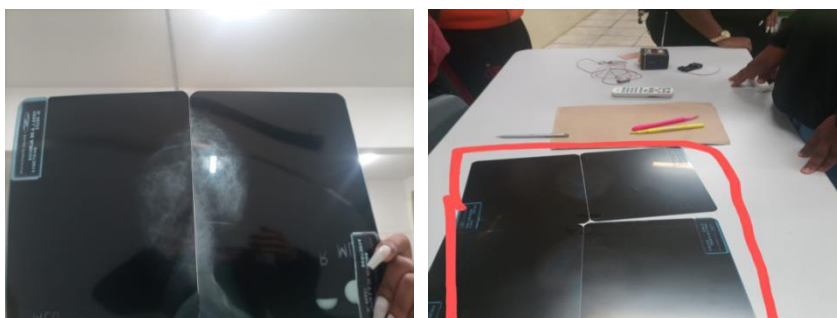
Figura 79



Figura 80

Fonte: de própria autoria

Figura 38- Alunos observando mamografia de um câncer de mama inicial



Fonte: de própria autoria

Esta mamografia (fig.38) pertence a uma pessoa diagnosticada com câncer de mama, e o médico fez o diagnóstico com base nesse resultado. De imediato todos sabiam do que se tratava por conta de todos da sala já terem feito radiografia. Os alunos examinaram a mamografia sob a luz da sala, buscando identificar características relevantes. Logo em seguida, direcionaram a mamografia para uma área mais iluminada, seguindo o procedimento comum dos médicos nesse contexto. Logo, surgiu a pergunta: *“porque fica essa parte escura e o que mais importa para o médico tá na parte branca”?*

Resposta da professora que serviu de explicação para todos: *“o raio x é uma forma de radiação eletromagnética que tem a capacidade de atravessar objetos sólidos de diferentes densidades, como nosso corpo. Em regiões onde a absorção de radiação é maior, ocorre um menor impacto na chapa radiográfica, resultando em imagens com tonalidades mais claras. Em outras palavras, estruturas mais resistentes e densas, como os ossos, são representadas em tons brancos nas radiografias.*

## RAIO GAMA

Figura 39- Raios Gama no diagnóstico e tratamento do câncer



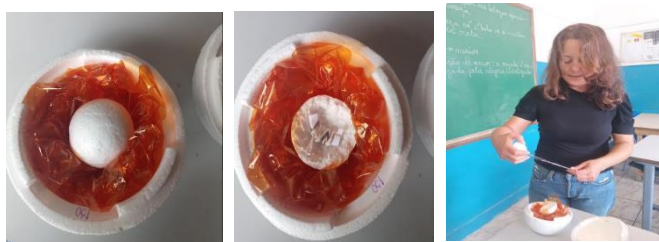
Fonte: de própria autoria

Ao exibir esse slide (fig. 39), a maioria dos alunos identificou imediatamente o DNA, considerando que esse tema é frequentemente abordado nas aulas de Biologia. A professora aproveitou a interação entre os alunos e o conteúdo, indagando: *"o DNA está fragmentado e com uma coloração avermelhada, o que está acontecendo"*? A resposta foi prontamente fornecida por quatro alunos: *"foi afetado"*. A mediadora continuou indagando: *"Afetado"*? *"Por quem"*? As respostas foram diversas, incluindo, por exemplo:

- *Seria pela radiação?*
- *Acredito ser por uma infecção*
- *Ocorreu mutação, num é?*
- *Algo de errado aconteceu...tipo: uma doença e arrebitou*
- *Por um processo inflamatório*

É importante reservar um tempo adicional para esclarecer dúvidas durante esta seção da aula, pois é a partir deste ponto que os alunos iniciarão a construção de uma sequência de ideias. Isso é fundamental para que, ao final da proposta, compreendam a razão pela qual a radiação é utilizada no tratamento do câncer, especificamente na radioterapia.

Figura 40- Simulação de uma célula



Fonte: de própria autoria

A professora havia elaborado um recurso visual (fig. 40) para exemplificar a estrutura de uma célula. Com a intenção de destacar de maneira concisa a localização do material genético (DNA), ela adquiriu uma bola de isopor maior raio 20 cm para representar uma célula do seu corpo, empregou papel celofane tamanho 70cm x 85cm como simulação do citoplasma e utilizou uma bola menor de raio 6cm de isopor para indicar a posição do material genético dentro do núcleo celular. Esta bola de isopor é do tipo que já possui um mecanismo de abertura. Em relação a uma energia elevada, pode ocorrer a ruptura das moléculas. Os efeitos da radiação de alta energia podem se manifestar de diferentes maneiras: reparo do dano, ocorrência de mutações ou, em casos extremos, a morte celular.

Figura 41- Aumento da vida útil do alimento através da irradiação



Figura 81

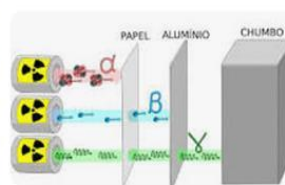


Figura 82

Fonte: compilação da autora (2022)

Esse slide (fig. 41) com alimentos dentro do conceito raios gama trouxe preocupação para todos. As dúvidas foram surgindo, como:

- *Pois se está com radiação gama a gente tem que parar de comer ou comer menos?*
- *Achei que os alimentos eram irradiados com uma energia mais baixa...fiquei confuso.*
- *Tem alguém que olha a quantidade de radiação usada no alimento?*

A intervenção é fundamental para preencher essas lacunas do conhecimento. Começar a reflexão, na hora de “fazer a feira” a aparência dos alimentos é que vai determinar a compra? A maioria respondeu sim. Pois é, as indústrias alimentícias usam esse método eficiente para inibir e impedir o amadurecimento rápido e a multiplicação dos microrganismos, mas não torna o alimento radioativo. A exposição à radiação é de curta duração, o que não acarreta danos ao produto; ao contrário, contribui para a segurança do consumidor. Para verificar se o alimento passou pelo processo de irradiação, procure pelo selo indicativo abaixo:

Figura 42- Selo de alimentos irradiados



Fonte: <http://julianaqualidade.blogspot.com/2011/03/como-funciona-irradiacao-de-alimentos.html>

Houve a necessidade de entrar rápido na internet para mostrar o selo (fig. 42), apesar de já ter mostrado na primeira aula em um dos slides com imagens. Dessa forma foi mais rápido pesquisando no google.

### RAIOS CÓSMICOS

Figura 43- Raios Cósmicos



Figura 86

Figura 87

Fonte: compilação da autora

Esse último slide (fig. 43) surpreendeu os alunos, pois muitos não tinham conhecimento sobre os raios cósmicos, partículas altamente energéticas originárias do espaço sideral que alcançam a Terra. A explicação foi simplificada, destinada a informar que esse tipo de radiação é natural. No entanto, a maioria das partículas cósmicas é filtrada pela atmosfera e pela magnetosfera terrestre, formando uma camada protetora contra a exposição

direta a essas partículas de alta energia. Assim, a exposição dos seres humanos aos raios cósmicos geralmente é baixa e não representa uma preocupação significativa para a saúde, exceto para pilotos e aeromoças que podem ser expostos a essa radiação por longos períodos e em grandes altitudes. No entanto, existem diretrizes de aviação para lidar com os efeitos dessa radiação.

A pergunta final foi fundamental como feedback: “e aí turma, podemos vê o invisível? Todos responderam sim e em voz alta.

Devido à restrição de tempo, não foi viável comunicar à turma que, posteriormente ao término da aula, receberiam, por meio do whatsapp, duas tarefas a serem concluídas até a próxima aula.

Ler o texto e assistir ao vídeo recomendado para aprofundar a compreensão do conteúdo subsequente.

- Texto: “A Energia do Espectro Eletromagnético” e preencher a tabela com os cálculos de energia (Apêndice B);
- Vídeo no YouTube<sup>4</sup>: Interação da radiação com a matéria

#### 5.4 AULA 4

Primeiramente, a professora indagou aos grupos se encontraram desafios ao lidar com a tabela de cálculos de energia do espectro eletromagnético que receberam como tarefa para casa. Eles responderam negativamente, entregaram os trabalhos para a professora revisar e, com satisfação, constatou-se que todos os grupos realizaram a atividade, apresentando apenas pequenos equívocos matemáticos, os quais foram prontamente corrigidos de maneira individual.

---

<sup>4</sup><https://www.youtube.com/watch?v=Syaqq96i3RQ>

Figura 44- Resultados do preenchimento da tabela sobre Energia do Espectro

Grupo 1

Grupo 2

O quantum  $h$  de energia radiante de frequência  $f$  é dado por:

$$E = hf$$

Nessa equação,  $E$  é a energia pertencente ao fóton,  $f$  é a frequência da radiação eletromagnética (Hz) e  $h$  é a constante de Planck, que possui valor de  $6,63 \times 10^{-34}$  J.s ou  $4,14 \times 10^{-15}$  eV.s. a energia é sempre emitida e absorvida pela matéria em múltiplos inteiros de  $h f$ ,  $2h f$ ,  $3h f$  e assim sucessivamente.

As ondas eletromagnéticas se propagam com a mesma velocidade e por isso as ondas de maior frequência são aquelas de menor comprimento de onda e as ondas de menor frequência apresentam o maior comprimento de onda  $V = \lambda \cdot f$ .

1) Complete as duas últimas colunas da tabela abaixo, calculando a ENERGIA e elencando possíveis riscos à saúde humana.

| Tipos de Radiações | Frequência (Hz) | Energia (eV)          | Interação com a matéria.<br>(Exemplos e possíveis riscos)                                      |
|--------------------|-----------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ondas de Rádio     | $10^6$          | $6,63 \cdot 10^{-24}$ | Ex: Rádio e AM/FM, TV, GPS<br>Riscos: calor                                                    |
| Micro-ondas        | $10^{12}$       | $6,63 \cdot 10^{-22}$ | Ex: forno micro-ondas, aquecedor de água, Wi-Fi<br>Riscos: queimadura na pele                  |
| Infravermelho      | $10^{14}$       | $6,63 \cdot 10^{-20}$ | Ex: Vista noturna, controle remoto, aquecedor, sauna<br>Riscos: aumento da temperatura da pele |
| Luz visível        | $10^{14}$       | $6,63 \cdot 10^{-20}$ | Ex: Luz do sol<br>Riscos: problemas de visão e melanoma                                        |
| Ultravioleta       | $10^{16}$       | $6,63 \cdot 10^{-18}$ | Ex: Bronquite crônica<br>Riscos: queimadura, arritmia, melanoma, câncer                        |
| Raios X            | $10^{20}$       | $6,63 \cdot 10^{-14}$ | Ex: Radiografia, exames de mamografia<br>Riscos: pode causar câncer                            |
| Raios Gama         | $10^{22}$       | $6,63 \cdot 10^{-12}$ | Ex: radioterapia, bomba atômica<br>Riscos: pode causar mutações                                |

energia radiante de frequência  $f$  é dado por:

$$E = hf$$

Nessa equação,  $E$  é a energia pertencente ao fóton,  $f$  é a frequência da radiação eletromagnética (Hz) e  $h$  é a constante de Planck, que possui valor de  $6,63 \times 10^{-34}$  J.s ou  $4,14 \times 10^{-15}$  eV.s. a energia é sempre emitida e absorvida pela matéria em múltiplos inteiros de  $h f$ ,  $2h f$ ,  $3h f$  e assim sucessivamente.

As ondas eletromagnéticas se propagam com a mesma velocidade e por isso as ondas de maior frequência são aquelas de menor comprimento de onda e as ondas de menor frequência apresentam o maior comprimento de onda  $V = \lambda \cdot f$ .

1) Complete as duas últimas colunas da tabela abaixo, calculando a ENERGIA e elencando possíveis riscos à saúde humana.

| Tipos de Radiações | Frequência (Hz) | Energia (eV)          | Interação com a matéria.<br>(Exemplos e possíveis riscos)                                      |
|--------------------|-----------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ondas de Rádio     | $10^7$          | $4,14 \cdot 10^{-27}$ | Ex: Rádio AM, FM, televisão, celular<br>Riscos: calor                                          |
| Micro-ondas        | $10^{11}$       | $4,14 \cdot 10^{-23}$ | Ex: Forno micro-ondas, aquecedor de água, Wi-Fi<br>Riscos: queimadura na pele                  |
| Infravermelho      | $10^{12}$       | $4,14 \cdot 10^{-22}$ | Ex: Vista noturna, controle remoto, aquecedor, sauna<br>Riscos: aumento da temperatura da pele |
| Luz visível        | $10^{14}$       | $4,14 \cdot 10^{-20}$ | Ex: Luz do sol<br>Riscos: problemas de visão e melanoma                                        |
| Ultravioleta       | $10^{15}$       | $4,14 \cdot 10^{-19}$ | Ex: Bronquite crônica<br>Riscos: queimadura, arritmia, melanoma, câncer                        |
| Raios X            | $10^{17}$       | $4,14 \cdot 10^{-17}$ | Ex: Radiografia, exames de mamografia<br>Riscos: pode causar câncer                            |
| Raios Gama         | $10^{22}$       | $4,14 \cdot 10^{-12}$ | Ex: radioterapia, bomba atômica<br>Riscos: pode causar mutações                                |

Grupo 3

Grupo 4

$E = hf$

Nessa equação, E é a energia pertencente ao fóton, f é a frequência da radiação eletromagnética (Hz) e h é a constante de Planck, que possui valor de  $6,63 \times 10^{-34}$  Js ou  $4,14 \times 10^{-15}$  eV.s. a energia é sempre emitida e absorvida pela matéria em múltiplos inteiros de h, 2h, 3h, f e assim sucessivamente.

As ondas eletromagnéticas se propagam com a mesma velocidade e por isso as ondas de maior frequência são aquelas de menor comprimento de onda e as ondas de menor frequência apresentam o maior comprimento de onda  $V = \lambda \cdot f$

1) Complete as duas últimas colunas da tabela abaixo, calculando a ENERGIA e elencando possíveis riscos à saúde humana.

| Tipos de Radiações | Frequência (Hz) | Energia (eV)          | Interação com a matéria.<br>(Exemplos e possíveis riscos)                                                                                   |
|--------------------|-----------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ondas de Rádio     | $10^6$          | $4,14 \cdot 10^{-28}$ | Ex: rádio, televisão, celular, computador, Wi-Fi, música, GPS, aparelhos médicos, aparelhos domésticos                                      |
| Micro-ondas        | $10^{10}$       | $4,14 \cdot 10^{-24}$ | Ex: forno micro-ondas, forno de micro-ondas, antena de celular, Wi-Fi, Bluetooth                                                            |
| Infravermelho      | $10^{14}$       | $4,14 \cdot 10^{-20}$ | Ex: ondas de movimento sem fio, controle remoto, sensores de movimento, sensores de temperatura                                             |
| Luz visível        | $10^{14}$       | $4,14 \cdot 10^{-19}$ | Ex: luz solar, luzes artificiais                                                                                                            |
| Ultravioleta       | $10^{15}$       | $4,14 \cdot 10^{-18}$ | Ex: luz solar, luzes câmeras de segurança, lâmpadas UV                                                                                      |
| Raios X            | $10^{16}$       | $4,14 \cdot 10^{-17}$ | Ex: aparelho de raio X, diagnóstico por imagem, mamografia, raios catódicos, raios síncrotron                                               |
| Raios Gama         | $10^{23}$       | $4,14 \cdot 10^{-10}$ | Ex: raios cósmicos, raios de fontes radioativas, raios de aceleradores de partículas, raios de fontes naturais, raios de fontes artificiais |

$E = hf$

Nessa equação, E é a energia pertencente ao fóton, f é a frequência da radiação eletromagnética (Hz) e h é a constante de Planck, que possui valor de  $6,63 \times 10^{-34}$  Js ou  $4,14 \times 10^{-15}$  eV.s. a energia é sempre emitida e absorvida pela matéria em múltiplos inteiros de h, 2h, 3h, f e assim sucessivamente.

As ondas eletromagnéticas se propagam com a mesma velocidade e por isso as ondas de maior frequência são aquelas de menor comprimento de onda e as ondas de menor frequência apresentam o maior comprimento de onda  $V = \lambda \cdot f$

1) Complete as duas últimas colunas da tabela abaixo, calculando a ENERGIA e elencando possíveis riscos à saúde humana.

| Tipos de Radiações | Frequência (Hz) | Energia (eV) | Interação com a matéria.<br>(Exemplos e possíveis riscos) |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------------------------------------------------------|
| Ondas de Rádio     | $10^8$          | 0,0000000414 | Ex: Rádio AM, televisão, celular, computador              |
| Micro-ondas        | $10^{11}$       | 0,000000414  | Ex: forno micro-ondas, forno de micro-ondas               |
| Infravermelho      | $10^{14}$       | 0,000414     | Ex: lâmpadas infravermelhas, aquecedores                  |
| Luz visível        | $10^{14}$       | 0,00414      | Ex: Sol                                                   |
| Ultravioleta       | $10^{15}$       | 0,414        | Ex: lâmpadas UV, luzes câmeras de segurança               |
| Raios X            | $10^{16}$       | 4,14         | Ex: radiografia, tomografia, raios X                      |
| Raios Gama         | $10^{20}$       | 414000       | Ex: Tomografia computadorizada, mamografia                |
|                    | $10^{22}$       | 41400000     | Ex: Tomografia computadorizada, mamografia                |

Fonte: de própria autoria (2022)

5.4.1 1º Momento – A interação da radiação com a matéria

Figura 45- Slide 1

Figura 46- Slide 2

**MNPEF** MINISTÉRIO NACIONAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL  
PROTEÇÃO AMBIENTAL  
POD 24 - UFMG / 10 Setembro 2002

**ALTAS ENERGIAS**

**INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO COM A MATÉRIA**

**MUNDO DAS RADIAÇÕES IONIZANTES**

Figura 91

**A interação com a matéria depende da ENERGIA da radiação**

Classifica-se como:

- 1 – **NÃO IONIZANTE** – Energia mais baixa, não suficiente para ionizar a matéria.
- 2 – **IONIZANTE** – Energia suficiente para ionizar a matéria( arrancar elétrons).

Fonte: compilação da autora (2022)

Nesta aula, a professora precisou simplificar o conteúdo, dada a defasagem de conhecimento pós pandemia nesta turma do terceiro ano. A disposição dos conceitos foi elaborada para construir caminhos significativos em relação à interação da radiação de alta energia (fig. 45 e fig. 46) com a matéria. A partir deste ponto, a ênfase será nas radiações ionizantes. Para isso, abordou-se a ionização de átomos ou moléculas.

Figura 47- Slide 3

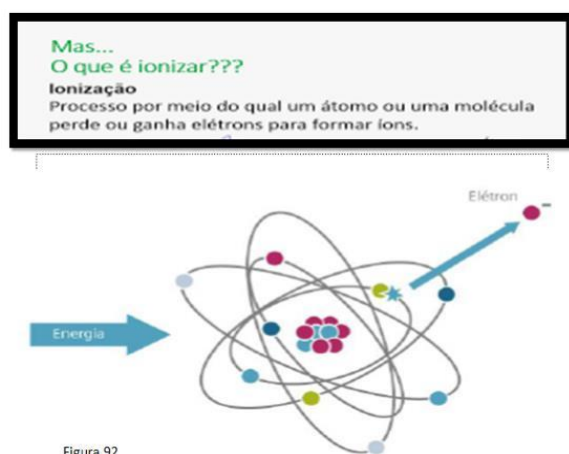
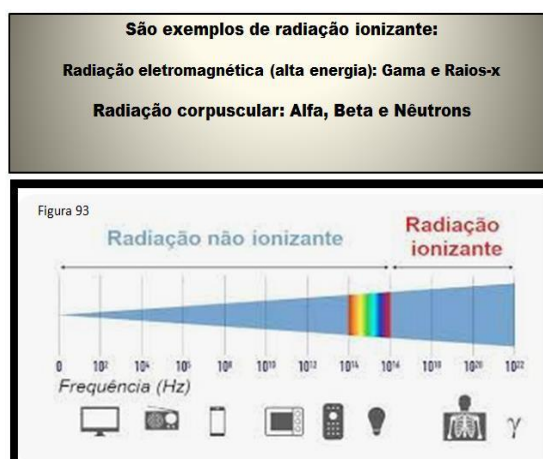


Figura 48- Slide 4



Fonte: compilação da autora (2022)

Em seguida, a professora fez uma pergunta crucial: "Vocês já ouviram falar do acidente radiológico em Goiânia em 1987?" As respostas foram rápidas e uniformes: "Não". Para preencher essa lacuna de conhecimento, a professora exibiu o vídeo (fig. 49) link <https://www.youtube.com/watch?v=GWr5Mm2W57Q> no DataShow sobre o acidente em Goiânia envolvendo o Césio 137 - Radiação.

Figura 49- Slide 5



Figura 50- Slide 6



Fonte: compilação da autora (2022)



Isso foi essencial, uma vez que o acidente, ocorrido no Brasil, não era familiar para os alunos, embora todos já tivessem ouvido falar do acidente em Chernobyl. Através desse documentário (fig. 50), eles vão não só obter conhecimento, mas também entender que o acidente foi provocado por um equipamento de radioterapia inoperante, que continha encapsulado um elemento químico radioativo chamado césio 137. Esse incidente resultou na morte de pessoas expostas diretamente à radiação e causou danos no código genético de outras de maneira indireta.

Após uma breve recapitulação sobre a constituição da matéria (fig. 51 e fig. 52), a professora indagou: "*Vocês sabem o que é um fóton*"? As respostas foram unânimes: "*Não*". A palavra "fóton", do grego, significa "LUZ", e podemos notar sua presença em diversas palavras, como fotossíntese, fotocélulas, fotografias e fotossensível, todas relacionadas à luz.

Figura 51- Slide 7

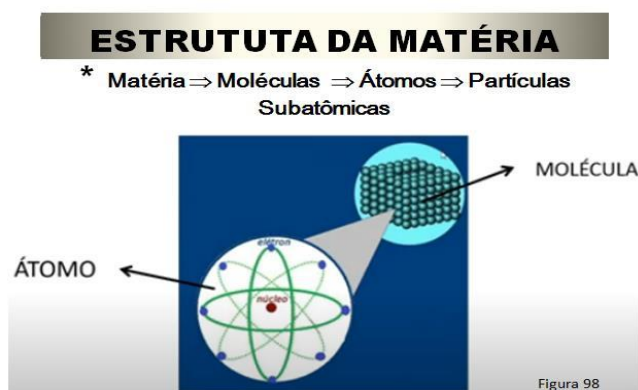


Figura 52- Slide 8

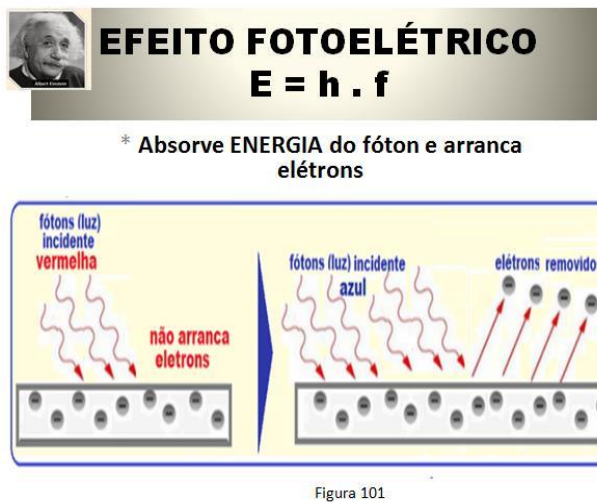


Fonte: compilação da autora (2022)

Vamos imaginar a luz como uma corrente de pequenas bolinhas invisíveis chamadas fótons. Cada bolinha (fóton) é como um pacotinho de energia da luz. Os fótons são as "partículas" que compõem a luz que vemos, seja da luz do sol, de lâmpadas ou de outras formas de iluminação. Em resumo, os fótons são como pequenas "partículas" de luz que se movem sem ter massa e carga. Por isso os fótons de maior frequência conseguem atravessar porções consideráveis de matéria sem sofrer interações.

Nos últimos três slides, a professora resumiu pontos importantes para facilitar a compreensão necessária para aulas subsequentes. Como os alunos não tinham familiaridade com essas três formas de interação entre a radiação e a matéria, a explicação foi essencial, embora sem entrar em detalhes profundos.

Figura 53- Slide 9

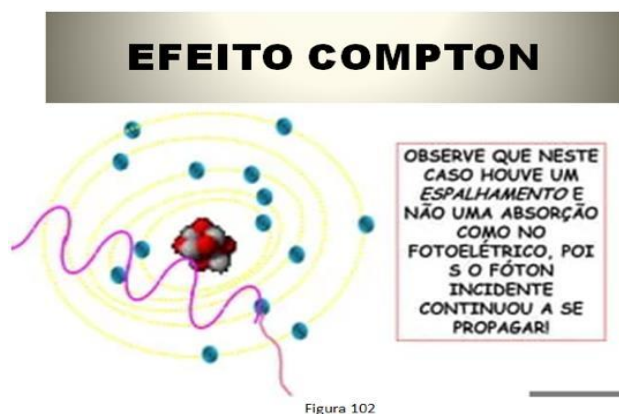


Fonte: compilação da autora (2022)

Simultaneamente, surgiu a indagação de um aluno: "Professora, que 'cobrinhas' são essas?... risos." Pois bem, foram essas "cobrinhas" que renderam a Albert Einstein o Prêmio Nobel (fig. 53). A ilustração representa elétrons sendo liberados de um material quando exposto a uma determinada frequência de radiação eletromagnética. Os fótons, que são pacotes de luz, transferem praticamente toda a energia para os elétrons. Se essa energia for maior que a quantidade mínima necessária para remover os elétrons, estes serão ejetados da superfície do material. Em uma analogia simplificada, o fóton incidente é como o raio X primário saindo do tubo de raio X, enquanto o meio material representa o corpo humano. Aumentar muito a energia incidente diminui a ocorrência do efeito fotoelétrico e aumenta a ocorrência do efeito Compton, degradando a imagem. Portanto, para que ocorra o Efeito Fotoelétrico, é necessária baixa energia e um número atômico ( $Z$ ) alto. Por exemplo, no corpo humano, os ossos têm um número atômico ( $Z$ ) alto, razão pela qual aparecem como áreas claras na chapa de radiografia.

Existem alguns exemplos de aplicações desse efeito no cotidiano, como: abertura e fechamento de portas automáticas, radiografias, iluminação pública, sistemas de segurança, alarme e painéis solares. Dois alunos falaram após citar exemplos práticos: “*ah tá, agora deu pra ter noção*” e “*o Einstein foi muito foda, né professora? Sabe o que eu acho professora, muita gente usa isso aí tudo e se quer tem noção do trabalho que o cara teve*”. Pois é, precisamos entender um pouco mais sobre as coisas que estão em nosso entorno e valorizarmos essas pessoas que pensaram em criar meios para contribuir com nosso bem-estar.

Figura 54- Slide 10



Fonte: compilação da autora (2022)

No efeito Compton (fig. 54), a energia do fóton incidente é parcialmente transferida para os elétrons, enquanto a outra parte é espalhada. Isso resulta na ejeção do elétron e na dispersão do fóton em diferentes ângulos. O elétron ejetado perde energia cinética devido às ionizações que provoca no meio, enquanto o fóton pode deixar o meio sem sofrer interações adicionais. No entanto, esse fenômeno não é ideal para radiografias, pois diminui o contraste necessário para obter uma imagem nítida. Os fótons dispersos apresentam riscos, especialmente para os profissionais que lidam diretamente com esse tipo de radiação. Vale destacar que esse efeito também é aplicado na radioterapia. Pode passar para o próximo slide? Os alunos permaneceram em silêncio, apenas concordando com um movimento de cabeça.

Figura 55- Slide 11



Fonte: compilação da autora

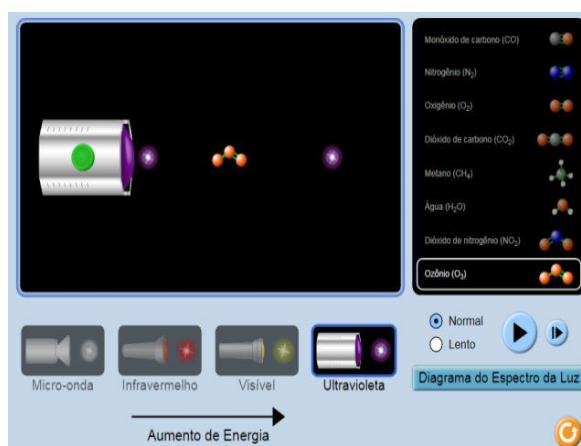
A produção de pares (fig. 55) não ocorre nos radiodiagnósticos, pois necessita de uma energia mínima de 1,022MeV. A professora perguntou: “já ouviram falar sobre um exame chamado PET? Os alunos responderam: “Não”, “Nunca” e “Nem tenho ideia”. Pois bem,

quando esse raio X incidente tiver no mínimo essa energia e passar nas proximidades do núcleo, ele desaparece e no lugar dele surge um par de partículas, ou seja, um elétron e um pósitron. Veio uma pergunta do aluno: “*pósitron*”? “*o que é isso*”? A resposta foi sem detalhes: “*é um elétron só que positivo*”. Quando um pósitron encontra no seu caminho um elétron com massa, acabam se aniquilando, ou melhor, desaparece e no lugar surge dois fótons gama cada um com 0,511MeV.

A docente não ficou surpresa com a reação dos alunos após a apresentação desses três slides, já que evidenciaram um certo desinteresse, com conversas paralelas devido à falta de conhecimento prévio. Considerando que saíram recentemente de uma pandemia de COVID-19, que deixou lacunas em seus conhecimentos, a explicação foi breve, mas necessária para estabelecer bases para as próximas aulas.

#### 5.4.2 2º Momento – Simulador

Figura 56- Simulador: Molécula e Luz



Fonte: [https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_all.html?locale=pt_BR)

A atividade com o simulador PhET Colorado ( fig. 56) estava disponível para exibir, com todos os dispositivos devidamente preparados e testados antes do início da aula, a fim de evitar imprevistos e atrasos. Para uma eventual reformulação dessa atividade, seria interessante incorporar questões investigativas, incentivando os alunos a manipular o software e realizar diversas interações dentro do tempo estipulado pelo mediador. A intenção era dar essa aula no laboratório de informática, mas o espaço estava ocupado por outro professor que estava aplicando uma atividade de pesquisa.

Com o objetivo de aprimorar a compreensão do conceito de "elétron ejetado" ou "arrancar elétron", a utilização do simulador "Molécula e Luz" foi significativa. A docente,

inicialmente, não antecipou o que ocorreria e instruiu os alunos a observarem atentamente o que estava acontecendo. O propósito era que percebessem, de forma intuitiva, que ao aumentar a frequência da luz, ou seja, sua energia, os fótons poderiam arrancar elétrons de algumas moléculas. Ao realizar ajustes e direcionar luzes de diferentes frequências para diversas moléculas, os alunos demonstraram um aumento de interesse e começaram a interagir ativamente. Nesse momento, a interventora assumiu o controle dos lançamentos, uma vez que o tempo não permitia dedicar atenção individual a cada aluno na manipulação do software. Dando sequência na apresentação do software Molécula e Luz, a mediadora começou a liberar a onda micro-ondas, infravermelho, visível e ultravioleta de encontro com cada molécula: monóxido de carbono (CO), nitrogênio (N<sub>2</sub>), oxigênio (O<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), água (H<sub>2</sub>O), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e ozônio (O<sub>3</sub>). As respostas dos alunos foram bem parecidas nas suas observações: durante a simulação foi pedido que eles elegessem um da turma para dar uma única resposta. Aqui está:

- *Bom professora o que nós percebemos é que conforme a radiação encontra com a molécula ocorre vibração, gira, rebate e arranca elétron. Outra coisa bem interessante é que de acordo com que foi aumentando a energia até no ultravioleta a energia foi bem intensa que arrancou o elétron. O legal que achei e acho que a turma também é que já tinha ouvido falar no meu curso essa coisa de ejetar ou arrancar e parecia algo tão abstrato. Gostei.*

Um detalhe passou despercebido por eles, mas a mediadora destacou uma questão relacionada ao processo de aquecimento dos alimentos através das micro-ondas. Foi reforçado que o movimento de giro que vimos no simulador acontece com as moléculas de água presentes nos alimentos devido a radiação na faixa do micro-ondas, evidenciando como esse fenômeno desencadeia um processo rotacional nas moléculas, resultando no aquecimento dos mesmos. Esse detalhe tornou a aula bem interativa devido ser um assunto presente em suas casas e de uso frequente.

5.4.3 3º Momento – Palavras-chave (Apêndice C) sobre o que foi discutido até o momento para que o grupo desenvolva um texto organizando sua sequência de ideias

Figura 57- Atividade: Construção de texto baseando-se nas palavras-chave

## ATIVIDADE

GRUPO 2

Construa um texto baseando-se nas palavras-chave, abaixo:

Comprimento de onda – frequência – altas energias – exposição – partículas – átomo – célula – elemento radioativo – sociedade – invisível – ionização – interação – fóton – boa – ruim.

*A radiação quando maior é composta de altas energias, também composta de células em partículas de átomos. A sua exposição tem maior frequência pode ser ruim e prejudicial a saúde. Um elemento radioativo em contato com a sociedade pode gerar várias consequências dependendo do comprimento de ondas maior, em outras casos pode ser bom para os tratamentos. A interação do fóton gera luz.*

Fonte: de própria autoria (2022)

Após as trocas de informações e discussões durante a aula, a professora distribuiu uma folha de ofício A4 em branco para cada grupo. O objetivo dessa atividade era proporcionar um espaço para que os grupos pudessem refletir coletivamente sobre todo o conteúdo abordado até o momento. A tarefa (fig. 57) incluía a elaboração de um parágrafo que conectasse palavras-chave fornecidas pela professora e outras consideradas essenciais pelos alunos, a fim de que construíssem uma sequência coesa do conhecimento adquirido. Nesse momento da proposta é necessário saber como está a construção do conhecimento. A pergunta que a professor se fez foi: “será que os alunos estão conseguindo entender o conteúdo exposto”? Neste momento, a professora teve a oportunidade de avaliar se estava seguindo a abordagem correta na apresentação dos conteúdos e na escolha da metodologia mais

adequada. Essa atividade visou estimular o raciocínio coletivo, promovendo a organização das palavras-chave em uma sequência lógica. O objetivo foi reunir as ideias do grupo e registrar no papel a interligação dessas ideias, formando assim uma estrutura que refletisse o conhecimento construído ao longo das aulas. Dentre as atividades dos grupos, esta chamou atenção pela sequência de ideias onde abrangeu vários conteúdos abordados durante as aulas e também pelos membros serem desinteressados durante ano letivo. Neste grupo os alunos usaram algumas palavras-chave dadas e acrescentaram outras que adquiriram durante o desenrolar da proposta formando um parágrafo que para quem lê dá para entender algumas partes, como por exemplo:

Deu a entender:

- 1ª parte: que a *frequência* quando maior é composta de altas energias. Quer dizer que entenderam que a varável frequência é diretamente proporcional a energia.
- 2ª parte: que ficaram um pouco confusos ao escrever em ordem decrescente de tamanho que seria molécula, átomo e partícula.
- 3ª parte: que a exposição a essa frequência alta pode ser prejudicial a saúde. O interessante que já estão conseguindo associar frequência alta, maior energia e consequentemente danos à célula.
- 4ª parte: que um elemento radioativo em contato com a sociedade pode gerar sérias consequências ruins ou boas e que vai depender do comprimento de ondas como no tratamento. Eles associaram o documentário acidente em Goiânia que a sociedade ficou exposta ao césio 137 sofrendo consequências fatais e ao mesmo tempo entendeu que pode ser eficaz para tratamento de câncer. Esse parágrafo mostra que estamos no caminho certo da construção do conhecimento. Observamos que a houve uma melhora na alfabetização científica devido a conhecimentos adquiridos aula a aula.

Ao final da aula, os próprios alunos perguntaram se teria alguma atividade para fazerem em casa. Sim, dois vídeos bastante interessantes para o conhecimento que vão auxiliá-los em próximos conteúdos.

- Assistir: Vídeo Youtube<sup>5</sup> Interação da radiação com a matéria
- Assistir: Vídeo Youtube<sup>6</sup> Aplicações, Benefícios e Malefícios da Radiação

---

<sup>5</sup><https://www.youtube.com/watch?v=Syaqq96i3RQ>

---

<sup>6</sup><https://www.youtube.com/watch?v=qk776HpGRM0>

## 5.5 AULA 5

### 5.5.1 1º Momento – Vídeo Youtube: O que é Radioatividade? Como ela funciona?

Ao iniciar esta aula, a professora revisou alguns temas fundamentais de aulas anteriores, estabelecendo uma base para os futuros conteúdos. Com os dispositivos prontos para a exibição do primeiro vídeo, o play foi acionado. Este vídeo sobre radioatividade foi estrategicamente apresentado durante esta sequência didática, pois consolidou de forma sucinta temas essenciais discutidos anteriormente. Ele resumiu de maneira objetiva a descoberta dos raios X por Becquerel, aprofundada pelo casal de cientistas Marie Curie e Pierre Curie. Foram fornecidos exemplos eficazes das penetrações das partículas alfa, beta e raios gama no corpo humano, assim como estratégias para barrar essas radiações.

O vídeo traz que:

- As partículas Alfa: são relativamente grandes e pesadas, sendo bloqueadas facilmente por materiais como papel ou mesmo pela pele humana.
- As partículas Beta: têm uma carga menor que as partículas alfa e podem penetrar mais profundamente em materiais. Para bloquear partículas beta, é necessário um material mais denso, como vidro ou plástico.
- Os raios Gama: são ondas eletromagnéticas de alta energia, sem carga ou massa, são altamente penetrantes e podem passar através de muitos materiais. Geralmente, são necessários materiais densos, como chumbo ou concreto, para bloquear a radiação gama.

O vídeo abordou alimentos que naturalmente possuem radiação e são expostos para aumentar a vida útil, além de destacar o papel benéfico da radiação nos diagnósticos e tratamentos do câncer. Assim, revisitou-se quase todos os conceitos e conteúdos previamente discutidos em aulas passadas, consolidando o entendimento dos alunos. Mesmo que alguns detalhes possam não ter sido compreendidos em profundidade, os estudantes permaneceram atentos, pois já tinham familiaridade com os temas abordados.

Após a exibição do vídeo, a professora aproveitou para revisar conceitos, participar ativamente com os alunos, instigar discussões e esclarecer dúvidas que surgiram. O pós-vídeo tornou-se uma parte interativa da aula, a ponto de precisar interromper para dar continuidade e apresentar o próximo vídeo.



### 5.5.2 2º Momento - Vídeo Youtube<sup>7</sup>: Césio 137 em Goiânia – Especial 10 anos

Apresentamos agora um vídeo especial, uma década após o acidente radiológico em Goiânia. Embora de curta duração, essa exibição contém informações valiosas para nossos adolescentes, muitos dos quais desconhecem esse incidente radiológico em seu próprio país. Foi importante destacar como e por que esse evento ocorreu. Originado de um aparelho de radioterapia inoperante, este dispositivo continha um elemento radioativo. Infelizmente, devido à falta de conhecimento por parte dos catadores, esse elemento radioativo foi manuseado em contato com o corpo, resultando em mortes e doenças diretas e indiretas.

Na discussão que se seguiu ao vídeo, a professora assumiu um papel proeminente, fornecendo detalhes adicionais sobre o ocorrido, abordando temas como a gestão do lixo nuclear.

### 5.5.3 3º Momento – Construção de uma Nuvem de Palavras

Figura 58- Nuvem de palavras do grupo 4



Fonte: de própria autoria (2022)

<sup>7</sup><https://www.youtube.com/watch?v=GWr5Mm2W57Q&t=49s>

Desde o início desta aula, os estudantes foram orientados a registrar em uma folha de caderno as palavras mais relevantes no contexto científico à medida que a aula avançava. Eles seguiram essa instrução. Ao alcançar o final da aula, a professora forneceu uma folha de ofício A4 para cada grupo, com o objetivo de criar uma nuvem de palavras (fig. 58) utilizando os termos previamente anotados em seus cadernos. Este grupo merece destaque, pois produziu a nuvem de palavras mais abrangente, destacando-se pela riqueza de termos significativos. É notável que a palavra central desta nuvem seja "radioatividade", possivelmente influenciada pelos dois vídeos recentemente assistidos. Em contraste, as outras três nuvens tiveram como foco principal a "radioterapia".

Figura 59 - Nuvem de palavra final de cada grupo



Ao fazer um apanhado de todas as nuvens de palavras (fig. 59) de cada grupo no contexto da alfabetização científica identifica-se, conceitos-chave; destacar os termos mais

frequentes em um texto científico ou em material de estudo, ajudando os alunos a identificar e compreender os conceitos fundamentais; expandir seu vocabulário e familiarizar-se com o jargão científico, melhorando sua compreensão da linguagem utilizada na área; relações entre diferentes conceitos científicos, mostrando quais termos aparecem juntos com mais frequência e ajudando os alunos a entender como os conceitos estão relacionados entre si; identificar tópicos de discussão e questões relevantes na área da ciência, incentivando a participação ativa e o diálogo crítico.

Observa-se uma evolução na construção da alfabetização científica, pois as primeiras nuvens de palavras não apresentavam termos de conhecimento mais aprofundado, ao contrário do cenário atual. Agora, encontramos termos como acelerador de partículas, cobalto-60, doses, hospital 9 de julho, ascômcer, atividade física, braquiterapia, proteção, chumbo, técnico em radiologia, raios gama, sessões, interação, perigo e calor, indicando uma compreensão mais aprofundada e abrangente dos conceitos científicos discutidos durante a aula.

## **5.6 AULA 6**

5.6.1 1 1º Momento – Data Show – Slides sobre emissões alfa, beta e gama, aplicações, limites da dose, efeitos biológicos;

Nesta penúltima aula, não poderiam ser deixados de lado os conteúdos sobre decaimento radioativo, emissões alfa, beta e gama, bem como limites de doses. Embora sejam tópicos que exigem um aprofundamento científico para uma compreensão mais eficaz, a docente apresentou uma explicação concisa do conteúdo, incluindo exemplos práticos para estabelecer conexões com ideias previamente discutidas.

No tópico de decaimento radioativo, a ênfase recaiu sobre a meia-vida de alguns elementos radioativos e, conseqüentemente, a razão pela qual surge uma cidade fantasma após o acidente de Chernobyl. Na seção sobre emissões, destacou-se a emissão gama, especialmente relevante neste momento, dado que existem dúvidas entre a população sobre irradiação e contaminação. Foi notável mencionar o exemplo da braquiterapia, onde os radiofármacos são injetados ou via oral no paciente, tornando-o "temporariamente radioativo". Em casos de dosagem elevada, o paciente é isolado para evitar contaminação de seres vivos ou do meio ambiente.

No caso da irradiação externa por fontes como Césio 137, cobalto 60 ou similares, o corpo fica exposto à radiação, sem contato direto com a fonte de radiação. Em resumo, a aula abordou de maneira sucinta, mas abrangente, esses temas fundamentais, proporcionando uma compreensão mais sólida dos conceitos abordados.

- Irradiar não significa contaminar, mas contaminar-se com material radioativo implica em irradiar o local, então irradiar não contamina, mas contaminação irradia.

Após a apresentação do slide que ilustra as diferentes penetrações das partículas, destacando, por exemplo, a penetração no corpo humano, o próximo slide imediatamente aborda as consequências dessas penetrações pelas partículas alfa, beta e gama. Isso inclui o impacto direto sobre uma molécula de DNA, resultando em sua ruptura, seguida imediatamente por um processo de recuperação. Além disso, o slide aborda a radiação atacando o DNA das células tumorais, levando à ruptura total e, por conseguinte, à morte celular. Essa é a sequência de eventos, alunos, realizada pela radioterapia no tratamento do câncer.

Ao chegar nessa fase do assunto, alguns alunos apresentaram perguntas, como:

- *Mas quem determina como vai ser o tratamento?*

*Professora: existem profissionais que atuam nessa área que são os médicos oncologistas que encaminham para a radioterapia e lá o médico responsável depois de analisar a situação do paciente encaminha para o físico médico fazer os cálculos de doses necessárias e regulagem do feixe de radiação para atingir a área com células tumorais e depois o técnico em radioterapia vai executar o procedimento no paciente. É claro que existem mais profissionais envolvidos neste procedimento, mas não vamos entrar em muito detalhe.*

- *Fessora, é o técnico de radioterapia que faz todo o procedimento?*

*Professora: como falei há pouco, o técnico vai direcionar o paciente para o aparelho com orientações necessárias e ajeitá-lo na posição ideal para receber o feixe de radiação, sai da sala e fica de fora acionando o aparelho e monitorando o paciente, quando acaba ele entra e tira o paciente. Gente, é claro que este profissional faz muitas outras coisas, mas não tenho conhecimento das funções dele.*

- *O técnico fica dentro da sala ou tem que sair?*

*Professora: ele tem que sair por causa da radiação emitida pelo aparelho. Lembra da aula que falei sobre o espalhamento Compton? Pois é, os profissionais que trabalham diariamente nestes recintos precisam seguir as recomendações para sua proteção;*

- *Me explica como é esse negócio de atacar células doentes e também as saudáveis?*

*Professora: as células tumorais são conhecidas como células doentes são elas que se multiplicam muito rápido e por isso usa-se feixe de radiação que é direcionado para área onde estão estas células doentes com objetivo de matar, mas às vezes pode ocorrer de matar as células boas ou saudáveis por erro de cálculo, ou pela intensidade da dose ou até mesmo pela tecnologia usada no aparelho de radioterapia; por exemplo, tem um aparelho de radioterapia no hospital Ascomcer que não é tão preciso no seu feixe como o do hospital 9 de julho que é o acelerador de partículas que consegue ser mais preciso pela sua tecnologia mais moderna atingir menos células saudáveis;*

- *Dúvida professora!! Se eu tiver câncer, quem eu procuro?*

*Professora: olha, vai depender muito de onde está localizado o seu tumor maligno. Por exemplo, se na mamografia acusar um tumor na mama, você deverá procurar um mastologista para analisar a necessidade ou não de cirurgia e depois direcionar para um oncologista e daí este profissional vai orientar sobre o tipo de tratamento necessário como uma radioterapia e quimioterapia. No caso de alterações na próstata, procurar um proctologista para realizar os exames necessários, após detectar tumor procurar um Urologista para realizar o tratamento, inclusive cirurgia;*

### 5.6.2 2º Momento - Vídeo Youtube – A Física na Radioterapia

Para esse último vídeo do YouTube, que integra a proposta, a professora solicitou completo silêncio e que ficassem a vontade na sala durante a exibição e esclareceu que as dúvidas seriam abordadas após o término. Prestem a máxima atenção a toda explicação, pois este vídeo condensa todos os temas discutidos nas cinco aulas anteriores, representando a união de diversas discussões em uma única apresentação. Apesar da duração de quinze minutos, o vídeo oferece, de maneira concisa e indispensável, uma síntese sobre o emprego da radiação ionizante no tratamento do câncer por meio da radioterapia. Todos ficaram atentos durante a apresentação do vídeo. Após finalizar o vídeo a professora perguntou sobre o que acharam do vídeo e se queriam fazer perguntas. Três alunos comentaram o seguinte:

- *Gostei do vídeo porque explicou praticamente o que já falamos e com ilustrações aí ficou mais claro.*
- *Professora no início do vídeo aparece a cabeça de uma pessoa dentro de um negócio pra fazer a radioterapia...quando a pessoa tem que usar aquilo?*

*Professora: é tipo uma máscara que coloca na cabeça da pessoa quando o câncer está localizado em alguma área da cabeça e aí o técnico em radiologia para essa máscara para que a pessoa não mexa e o feixe de radiação atinja a área marcada para receber essa energia. Caso ocorra algum movimento com a cabeça a radiação vai atingir células sadias prejudicando o paciente.*

- *Então a pessoa que faz radioterapia a gente pode aproximar dela que num vai passar pra gente?*

*Professora: depende, pois a radioterapia tem dois tipos de tratamento: a teleterapia que é uma radiação externa, quer dizer que o paciente é irradiado por isso não contamina; já a braquiterapia é uma radiação interna através de cápsulas ingerida ou injetável que o paciente pode contaminar quem estiver ao seu redor por alguns dias, vai depender da dosagem.*

### 5.6.3 3º Momento – Autoavaliação de cada grupo.

Para concluir a proposta com atividades escritas e teóricas, foi elaborado um questionário (Apêndice D) composto por seis questões. Contudo, dado o limite de tempo no final da aula, solicitou-se que os alunos respondessem com sinceridade apenas à sexta questão. Essa abordagem serviu como uma autoavaliação, proporcionando aos estudantes a oportunidade de expressar suas opiniões sobre o desenvolvimento da proposta didática até o momento. Cada grupo foi instigado a registrar sua percepção sobre tudo que foi apresentado, discutido e demonstrado pela professora, visando compreender os conteúdos abordados. Questões como "O que você entendeu?", "Foi válido?", "Alguma parte ficou confusa?", "O que você mudaria?" e "Qual foi a parte mais importante?" foram propostas para orientar a reflexão dos alunos.

Figura 60- Resultados: Atividades em grupo

MNPEF MESTRADO NACIONAL  
PROFISSIONAL EM  
ENGENHARIA DE FÍSICA  
POLO 24 - UFMG / IF Sudene-MG



3º ANO

## ATIVIDADE EM GRUPO

GRUPO 1

- 1 - O que são radiações ionizantes e como elas diferem das radiações não ionizantes em termos de energia e efeitos biológicos?
- 2 - Quais são os principais efeitos da exposição à radiação ionizante no corpo humano e como a proteção radiológica é alcançada?
- 3 - Como a física das radiações é aplicada na medicina nuclear e na terapia de radiação no tratamento do câncer?
- 4 - Quais as vantagens, na sua opinião, do uso de radiação na Medicina?
- 5 - Quais as desvantagens, na sua opinião, do uso de radiação na Medicina?
- 6 - O que você considera como sendo o mais importante dentro do que aprendeu nas aulas de Física?

O grupo achou bem interessante saber que o tratamento do câncer usando radioterapia envolve física. Os experimentos que a professora fez foi muito legal porque a gente não vê os campos eletromagnéticos mas eles existem, com a luz que a radiação quando usada de forma equilibrada traz benefícios para todo mundo.

MNPEF MESTRADO NACIONAL  
PROFISSIONAL EM  
ENGENHARIA DE FÍSICA  
POLO 24 - UFMG / IF Sudene-MG



3º ANO

## ATIVIDADE EM GRUPO

GRUPO 2

- 1 - O que são radiações ionizantes e como elas diferem das radiações não ionizantes em termos de energia e efeitos biológicos?
- 2 - Quais são os principais efeitos da exposição à radiação ionizante no corpo humano e como a proteção radiológica é alcançada?
- 3 - Como a física das radiações é aplicada na medicina nuclear e na terapia de radiação no tratamento do câncer?
- 4 - Quais as vantagens, na sua opinião, do uso de radiação na Medicina?
- 5 - Quais as desvantagens, na sua opinião, do uso de radiação na Medicina?
- 6 - O que você considera como sendo o mais importante dentro do que aprendeu nas aulas de Física?

O interessante é saber que a radiação pode ser usada para coisas boas e não apenas para fazer bombas. Fiquei brabo com o acidente de Goiânia. Aprendi o que significa radioterapia. Minha vizinha tá fazendo e eu não entendo agora já entendendo um pouco. Que ela tem células cancerígenas que recebe radiação para matar e destruir o DNA e aí que tem que fazer em doses.

3º ANO

## ATIVIDADE EM GRUPO

GRUPO 3

- 1 - O que são radiações ionizantes e como elas diferem das radiações não ionizantes em termos de energia e efeitos biológicos?
- 2 - Quais são os principais efeitos da exposição à radiação ionizante no corpo humano e como a proteção radiológica é alcançada?
- 3 - Como a física das radiações é aplicada na medicina nuclear e na terapia de radiação no tratamento do câncer?
- 4 - Quais as vantagens, na sua opinião, do uso de radiação na Medicina?
- 5 - Quais as desvantagens, na sua opinião, do uso de radiação na Medicina?
- 6 - O que você considera como sendo o mais importante dentro do que aprendeu nas aulas de Física?

1- O que são radiações ionizantes e como elas diferem das radiações não ionizantes em termos de energia e efeitos biológicos?

1- A parte mais importante pra mim foi a parte dos experimentos do grupo com o papel alumínio, a tampa imantada. Não tinha ideia de que resistia a tel de onda eletromagnética - Vê o vídeo. As aulas de física foram muito interessantes. Aprendi que um monte de coisa em física é interessante. Outro bônus foi as discussões sobre a radiação laser. Sempre com o fato que não mata.

3º ANO

## ATIVIDADE EM GRUPO

GRUPO 4

- 1 - O que são radiações ionizantes e como elas diferem das radiações não ionizantes em termos de energia e efeitos biológicos?
- 2 - Quais são os principais efeitos da exposição à radiação ionizante no corpo humano e como a proteção radiológica é alcançada?
- 3 - Como a física das radiações é aplicada na medicina nuclear e na terapia de radiação no tratamento do câncer?
- 4 - Quais as vantagens, na sua opinião, do uso de radiação na Medicina?
- 5 - Quais as desvantagens, na sua opinião, do uso de radiação na Medicina?
- 6 - O que você considera como sendo o mais importante dentro do que aprendeu nas aulas de Física?

Toda aquela parte dos átomos e dos compostos bem atual e a parte mais sobre de toda terapia usando radiação. Vimos aplicações em várias situações como sobre doenças alimentares, diagnosticar tratamentos de doenças (câncer) durante os exames. Além disso a importância na engenharia modificando a estrutura de DNA.

Fonte: de própria autoria (2022)

Pelas respostas dos quatro grupos (fig. 60), destaca-se que as palavras importante e interessante apareceram. pesquisando sobre a palavra "importante" é usada para indicar significância, relevância ou valor de algo. se algo é considerado importante, isso implica que tem um impacto significativo, valor prático, ou desempenha um papel fundamental em determinado contexto. A palavra "interessante", geralmente significa que chama a atenção, desperta curiosidade ou é cativante de alguma forma. Pode estar relacionado ao envolvimento emocional ou à capacidade de prender a atenção de uma pessoa. Algo interessante muitas vezes é percebido como atraente ou estimulante.



A interventora sugeriu aos participantes que ficassem tranquilos ao responder a essa pergunta, garantindo que não haveria penalidades. Além disso, ela destacou que, se o grupo desejasse, poderia optar por mudar para outro local para promover uma discussão mais livre e aberta.

Analisando as respostas do grupo 1:

Compreenderam que a física vai além da simples resolução de exercícios e da necessidade de decorar fórmulas. Ela se estende muito mais, desdobrando-se em aplicações que facilitam a vida das pessoas, inclusive desempenhando um papel fundamental na prevenção e no tratamento paliativo, e até mesmo na cura, do câncer. Um aspecto notável é o reconhecimento da existência das ondas eletromagnéticas por meio de experimentos simples, que não apenas ilustraram conceitos, mas também instigaram a curiosidade. Destacaram que a radiação tem seu lado de benefícios quando controlada.

Analisando as respostas do grupo 2:

Geralmente, quando se pergunta sobre radiação as pessoas pensam em bomba atômica que remete destruição e morte, com esse grupo não foi diferente. Perceberam que existe o lado bom da radiação. Não tinham conhecimento sobre o acidente em Goiânia, pelo menos agora se alguém pergunta sobre este ocorrido eles saberão responder algo sobre. Este grupo relatou um ponto importante, que agora entendeu que a vizinha possui células cancerígenas e porque de fazer sessões de radioterapia para matar essas células.

Analisando as respostas do grupo 3:

Esse grupo destacou que um experimento chamou muito atenção que foi o do celular envolvido no alumínio. Conseguiram perceber que as ondas eletromagnéticas existem, apesar de não vermos e sim sentir. O relato de que sempre ouviu falar que radiação mata foi um ponto muito importante para a professora, pois conseguiram perceber que existe o lado de benefícios para a sociedade.

Analisando as respostas do grupo 4:

Acharam interessante o conteúdo por ser da atualidade nesse mundo tecnológico. Tiveram a dimensão de que existem diversas aplicações da física em aparelhos modernos que fazem

parte do dia a dia deles. Não tinham noção sobre os alimentos com radiação natural e o uso da radiação artificial para melhorar o crescimento e a vida útil deles.

## **5.7 AULA 7**

### **5.7.1 1º Momento – Produção de audiovisuais e escrita pelos alunos**

Ao ouvir e ler os relatos dos colegas, os alunos tiveram a oportunidade de se conectar com diferentes pontos de vista e se envolverem em discussões e reflexões mais profundas. Foi criado um ambiente de aprendizado colaborativo fortalecendo a construção coletiva do conhecimento. Compartilharam seus trabalhos com os colegas, os alunos desenvolveram confiança em suas habilidades e receberam feedback construtivo dos colegas e da professora, o que contribuiu para seu crescimento pessoal e acadêmico. Essa abordagem de produção audiovisual e escrita pelos alunos promoveu um ambiente de aprendizado estimulante e envolvente, onde cada aluno foi valorizado como um produtor de conhecimento. Foi proporcionado aos alunos um momento emocionante e sensível, onde eles puderam mostrar suas realizações e contribuições únicas para seu entendimento. Essas experiências certamente deixarão uma marca duradoura em suas trajetórias de aprendizado. Através dessas atividades, os alunos também puderam aprimorar suas habilidades de apresentação, comunicação oral e escrita.

Neste grupo da figura 61, um dos alunos que fez o curso técnico em segurança do trabalho entrevistou um profissional da área técnica em radiologia, mas que não quis gravar a entrevista por áudio e vídeo, mas atendeu ao pedido do grupo para responder as perguntas acima.

Figura 61- Entrevista 1

- 1- Qual é o nome do aparelho mais indicado para se fazer radioterapia?
- 2- Durante a radioterapia, como funciona o procedimento dos raios que são destinados para a área do tumor?
- 3- De qual material esses raios são constituídos?
- 4- Para o profissional que está aplicando os raios, há algum risco a sua saúde?
- 5- Durante a rotina de tratamento, o paciente deve fazer alguma alteração em seu modo de vida? Exemplo: Ficar sem realizar alguma atividade física etc.
- 6- Deve haver um tempo de pausa específico para cada sessão ou realizado a medida em o médico avalia a sua necessidade?

1- o melhor equipamento é o acelerador linear.

2- É emitido radiação ionizante em uma dose direcionada e precisa ao núcleo das células tumorais, que atua no DNA ou na células doentes, matando ou inibindo seu crescimento.

3- são constituído de radiação ionizante.

4- o profissional sempre ficará atrás de uma parede de chumbo, para de proteger das partículas de radiação que pode se espalhar no ar.

5- a atividade física e eficiente durante o tratamento. O que se deve evitar durante o tratamento: creme, pomada e manter a pele sempre limpa a área tratada.

6- depende da avaliação do médico. Mas pode ser feita todos os dias, a duração da aplicação vai depender da avaliação do paciente, podendo ser entre cada sessão de 15 a 30 minutos. Todos os dias ou a depender do médico.

A entrevista foi enviada para o whatsApp da professora e exibida na sala de aula para a turma acompanhar, em slide. Um aluno do grupo apresentou sua entrevista lendo e explicando as respostas da entrevistada. Onde, a professora entrevistou lembrando conteúdos anteriores para reforçar. Como podemos observar as respostas foram mais técnicas. As perguntas foram elaboradas pelo grupo sem intervenção da professora.

Figura 62- Entrevista 2



Fonte: de própria autoria

Este grupo entrevistou uma paciente que passou pelo processo de braquiterapia devido um câncer na tireóide. Segundo a entrevistada, ela pagou um determinado valor para que

realizasse este procedimento o mais rápido possível, pois se entrasse na fila do SUS demoraria. Segundo o grupo, algo dito pela entrevistada foi chocante. Assim que chegou na parte em que a paciente relata:

*Entrevistadora: depois que você fez esse líquido, esse líquido te trouxe algum transtorno ou nenhum?*

*Entrevistada: não, pra mim não, só que tive que ficar por quinze dias sem ter contato com as pessoas, grávidas, crianças e animais. Nada podia aproximar de mim*

*Entrevistadora: isso foi a radiação que a radioterapia teve através pra eliminar o câncer? Ai você teve como perceber que a radiação traz um problema, ela é muito forte ou alguma coisa assim?*

*Entrevistada: pra mim não tive problema nenhum, entendeu?*

*Entrevistadora: você viu que ela é forte?*

*Entrevistada: pelos outros, eu vi que ela é forte. Inclusive, eu aproximei dos animais que eu tinha e eles, infelizmente, morreram todos, então essa parte eu acredito que, realmente, eu tomei o remédio porque tirando disso pra mim eu tomei um golinho de água.*

A entrevistada passa bem e segue fazendo seus exames periódicos com orientação dos médicos.

Figura 63- Entrevista 3



Fonte: de própria autoria

O aluno fez a entrevista com sua própria mãe que foi paciente em sessões de radioterapia devido ao câncer de linfoma Hodgkin.

Relatos importantes da entrevista:

*Entrevistador: para o profissional que está aplicando os raios, há algum risco a sua saúde?*

*Entrevistada: sim, por isso que ele tem que ficar atrás de uma parede de chumbo, justamente para evitar que ele receba as radiações.*

*Entrevistador: durante a rotina de tratamento, o paciente deve fazer alguma alteração no seu modo de vida?*

*Entrevistada: não, ele pode ter uma vida normal. Claro que, devidos as radiações pode ser que alguns órgãos, igual no meu caso, foi atingido...foi a minha garganta, então tive que...pra mim se alimentar, eu tive que colocar xilocaína para anestésiar...pra mim conseguir me alimentar, então assim quantas as atividades a vida é normal.*

Figura 64- Entrevista 4



Fonte: de própria autoria

A entrevistada de 49 anos, foi diagnosticada com câncer de mama, fez uma cirurgia e passou por 20 sessões de radioterapia (teleterapia) e continua com exames periódicos orientada pelos médicos. Está curada.

Segundo o relato da entrevistada, não foi necessário a retirada total da mama porque o tumor estava no início e sim tirar um quarto da mama, pois o mastologista explicou que não adiantaria tirar a mama toda, pois não evitaria a reincidência do câncer. Aconselhou a paciente, após a cirurgia, a procurar uma médica oncologista, onde achou necessário algumas sessões de radioterapia. A médica orientou que fizesse no hospital Ascômcer – Juiz de Fora, pois oferecia tratamento de radioterapia pelo SUS, mas foi orientada, caso pudesse pagar, a realizar no hospital Oncológico (9 de julho) – Juiz de Fora, pois neste hospital possui um aparelho de teleterapia mais moderno que o do Ascômcer, que é o acelerador linear onde o feixe de radiação é direcionável, diminuindo o risco de atingir as células sadias.

Essas sessões foram feitas durante quatro semanas, menos sábado e domingo. Com o decorrer das sessões a paciente foi orientada pela radioterapeuta a ter alguns cuidados preventivos e possíveis consequências, pois com a dosagem de radiação aplicada no local poderia ocorrer queimaduras mais ou menos profundas. No final do procedimento, é que começou a ficar com uma vermelhidão, poucas e pequenas bolhas devido o aquecimento

provocado pela alta energia ao penetrar nas células e destruir ou danificar o DNA de cada uma.

A paciente está curada do câncer, mas continua fazendo acompanhamento de seis em seis meses, pois mantém o tratamento quimioterápico com o tamoxifeno por cinco anos para evitar a recorrência do câncer de mama.

Figura 65- Interação da turma no final da proposta



Fonte: compilação a autora (2022)

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao finalizar este produto educacional, podemos constatar a importância do uso da física moderna na formação dos estudantes do ensino médio. A física moderna é uma área da ciência que traz conceitos e fenômenos que muitas vezes desafiam nossa compreensão intuitiva, mas que são fundamentais para compreendermos as tecnologias que utilizamos em nosso dia a dia e os avanços científicos que transformam a sociedade.

As sequências didáticas apresentadas neste produto foram pensadas de forma a trazer aos alunos uma compreensão mais profunda sobre os principais conceitos da física moderna, como relatividade, mecânica quântica e radiação ionizante. Além disso, as atividades propostas buscam promover o desenvolvimento de habilidades essenciais como resolução de problemas, trabalho em equipe e pensamento crítico.

Vale destacar que a utilização dessas sequências didáticas em sala de aula é apenas uma das diversas formas possíveis de se trabalhar com física moderna. É fundamental que os educadores adaptem as atividades propostas de acordo com as necessidades de seus alunos e recursos disponíveis em sua escola. Além disso, é importante que o ensino de física moderna seja acompanhado por uma formação adequada dos professores, permitindo que eles possam transmitir de forma clara e precisa os conceitos apresentados.

Por fim, esperamos que este produto educacional possa contribuir para a disseminação do conhecimento em física moderna e para a formação de uma sociedade mais crítica e consciente das implicações da ciência e da tecnologia em nossas vidas. A física moderna é uma área fascinante e em constante evolução, e é fundamental que os alunos possam compreendê-la e utilizá-la de forma consciente e responsável.

Para tornar essa premissa uma realidade, é necessário mais do que simplesmente "ensinar o básico". Precisamos capacitar os alunos a desenvolver habilidades de aprendizagem. Devemos formar estudantes autodidatas, capazes de se tornarem seus próprios professores.

## REFERÊNCIAS

- ALLCHIN, D. **How Not to Teach Nature of Science: A Review of the Empirical Literature.** *Journal of Research in Science Teaching*, v. 48, n. 5, p. 511-540, 2011.
- ALMEIDA, Paulo Nunes de. **Educação lúdica: técnicas e jogos pedagógicos.** São Paulo, SP: Loyola, 2008.
- ARANTES, A. R.; MIRANDA, M. S.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no Ensino de Física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, v. 11, n. 1, p. 27- 31, 2010.
- ARAÚJO, G. Silva. **Material didático sobre dualidade onda-partícula.** Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP. Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, p. 5-9, 2018.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.
- AUSUBEL, D.P. **A aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel.** São Paulo: Moraes, 1982.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva.** Lisboa: Plátano, v. 1, 2003.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.
- BOHR, N. On the Constitution of Atoms and Molecules. **Philosophical Magazine**, v. 26, n. 151, p. 1-25, 1913.
- BRASIL, Secretaria de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica.** Ministério da Educação. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.
- BRASIL. **PCN + Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias.** Secretaria de Educação Média e Tecnológica - Brasília: MEC; SEMTEC, 2002
- BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio.** Vol. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília; Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.
- BRASIL. MEC. **Secretaria de Educação Média e Tecnológica.** Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio. Brasília, 1999.
- BYBEE, R. W. **The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities.** Arlington, VA: National Science Teachers Association, 2003.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Uma aula sobre o efeito fotoelétrico no desenvolvimento de competências e habilidades. **Física na Escola**, v. 3, n. 1, p. 24-29, 2002.



CHASSOT, A. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. Ijuí: Editora Unijuí. 2000.

COMPTON, A. H. A Quantum Theory of the Scattering of X-Rays by Light Elements. **Physical Review**, v. 21, n. 5, p. 483-502, 1923.

CUNHA, M. I. **Docência na universidade, cultura e avaliação institucional: saberes silenciados em questão**. Revista Brasileira de Educação, Rio de Janeiro, v. 11, n. 32, 2006.

DELIZOICOV, D. & ANGOTTI, J. A. & Pernambuco, M. M. C. A. (2002). **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez.

DIRAC, P. A. M. **The principles of quantum mechanics**. Oxford University Press, 1930.

DUTRA, Patrícia Maria Barragán Fratteezi. **Percepção de estudantes do ensino médio sobre o tema radiação e tecnologias relacionadas: Ideias informais e categorias conceituais**. Belo Horizonte/MG, CNEN - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, CNEN, 2010.

FREDERICO, F. T.; GIANOTTO, D. E. P. Contribuição das imagens para o ensino de física numa perspectiva da Teoria da Dupla Codificação **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vol. 17, Nº 1, 200-222. Pesquisa de Doutorado, Universidade Estadual de Maringá, Brasil, 2018.

FREIRE, P. **Política e educação**. São Paulo, Cortez, 2007.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GUIMARÃES, C. C. (2009). **Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa**. Química Nova na Escola, vol. 31, n.3, p. 198.

GREINER, W.; REINHARDT, J. **Field Quantization**. Springer Science & Business Media, 2009.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna**. 9ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 4, 2014.

HAWKING, S. W. Black hole explosions? **Nature**, v. 248, n. 5443, p. 30-31, 1974.

HODSON, D. Experiments in Science and Science Teaching. **Educational Philosophy and Theory**, v. 20, n. 2, p. 53-66, 1988.

HOFSTADTER, R. Dispersão de elétrons por núcleos atômicos. **Reviews of Modern Physics**, v. 27, n. 3, p. 487-503, 1955.

KLEIN, O.; NISHINA, Y. Über die Streuung von Strahlung durch freie Elektronen nach der neuen relativistischen Quantendynamik von Dirac. **Zeitschrift für Physik**, v. 52, n. 11-12, p. 853-868, 1929.

KRASILCHIK, Myriam. **Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências**. São Paulo em Perspectiva, v. 14, 2000, p. 85-93, 2000Tradução.

LACERDA, Gilberto. **Alfabetização científica e formação profissional**. Educação & Sociedade, ano XVIII, nº 60, dezembro/97.

LEMASTER, R. *et al.* Photoelectric Effect. **PhET Interactive Simulations**. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/photoelectric](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/photoelectric) Acesso em: Junho 2016.

LHC - **The Large Hadron Collider**. Disponível em: <https://home.cern/science/accelerators/large-hadron-collider> Acesso em: 20 de maio 2023.

MEIRIEU, P. **Aprender sim, ...mas como?** Porto Alegre: Artmed, 1998.

MEIRIEU, Philippe. **O cotidiano da escola e da sala de aula: o fazer e o compreender**. Tradução Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed, 2005. 221 p.

MCNEILL, K. L. Elementary Students' Attention to Different Aspects of Scientific Inquiry During a Longitudinal Investigation. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 48, n. 1, p. 91-116, 2011.

MOREIRA, M.A. e Masini, E.A.F. (1982). **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Ed. da UnB, 1998.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2ª. ed. São Paulo: EPU, 2015.

MOREIRA, M. A. **Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 22, n. 1, p. 94-99, 2000.

MOREIRA, M.A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação na sala de aula**. Brasília: Editora da UnB, 2006.

MUNFORD, D. e LIMA, M. E. C. C. (2007). **Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo?** Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências.

MOURA, S. L. *et al.* Constante de Planck: uma nova visão para o Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, v. 33, n. 4, p. 246-251, 2011.

NUNES, T. **Fake News e o Ensino de Ciências: explorando indicadores de alfabetização científica**. Dissertação de Mestrado. Cajazeiras: Universidade Federal de Campina Grande, 2023.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica: Ótica, Relatividade e Física Quântica**. São Paulo: Blucher, v. 4, 2014.

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física Moderna no Ensino Médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.

OLIVEIRA, M. M. L. *et al.* Práticas experimentais de Física no contexto do ensino pela pesquisa: uma reflexão. **Experiências em Ciências**, v. 5, n. 3, p. 29-38, 2010.

OLIVEIRA, F.F. **O Ensino de Física Moderna com Enfoque CTS: Uma proposta Metodológica para o Ensino Médio usando o tópico de raio X**. Dissertação (Mestrado)-UFRJ/PPGE/Programa de Pós-graduação em Educação, 2006.

OSBORNE, J.; DILLON, J. **Science Education in Europe: Critical Reflections**. London: Nuffield Foundation, 2008.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. 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. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 18, n. 2, p. 135-151, 2001.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

PACHECO, L. REIS, I. Principais contribuições responsáveis pela descoberta dos Raios-X: a estirpe coletiva da ciência. **História da Física e Ciências. Revista Brasileira do Ensino de Física**. Volume 45. 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/LGnXVMWzqK5NtJpYkSMnWkj/#> Acesso em 03 de jan. 2024.

PARISOTO, M. F.; MORO, J. T. Aplicações do eletromagnetismo, óptica, ondas, da física moderna e contemporânea na medicina (1ª e 2ª Parte). **Textos de Apoio ao Professor de Física**, v. 21, n.2 e n.3, 2010.

PECCEI, R. D.; QUINN, H. R. CP conservation in the presence of pseudoparticles. **Physical Review Letters**, v. 38, n. 25, p. 1440-1443, 1977.

PESKIN, M. E.; SCHROEDER, D. V. **An Introduction to Quantum Field Theory**. Westview Press, 1995.

PEREIRA, A. P.; CAVALCANTI, C. J. H.; OSTERMANN, F. Concepções relativas à dualidade onda-partícula: uma investigação na formação de professores de Física. **Revista Eletrônica de Ensino de las Ciencias**, v. 8, n. 1, p. 72-92, 2009.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 3, p. 393-420, 2009.

PEREIRA, A. M. R. **Estudo do Impacto da Descoberta dos Raios X e das suas Aplicações Médicas em Portugal**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2012.

PERRENOUD, Philippe. **Avaliação da excelência à regulação das aprendizagens: entre duas lógicas**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

PERRENOUD, Philippe. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

PESSOA DE CARVALHO, A. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, 18(3), 765-794. 2018. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765> Acesso em 03 de jan. 2024.

PHELPS, M. E. *et al.* Positron Emission Tomography: A New Imaging Technology. **Physics Today**, v. 53, n. 2, p. 36-41, 2000.

PIAGET, Jean. **Seis estudos de psicologia**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1997

PLANCK, M. Ueber das Gesetz der Energieverteilung im Normalspectrum. **Annalen der Physik**, v. 4, n. 3, p. 553-563, 1900.

PRESTES, Michely; CAPPELLETO, Eliane. Aprendizagem significativa no ensino de física das radiações: contribuições para a educação ambiental. REMEA, Rio Grande, v. 20, p. 180-194, jan./jun. 2008.

REIS, A. B. *et al.* Principles and Applications of Photoelectric Effect in Cancer Treatment. **Journal of Cancer Research and Clinical Oncology**, v. 144, n. 1, p. 75-88, 2018.

SASSERON, L. H. **Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: Estrutura e Indicadores deste processo em sala de aula**. São Paulo: s. n., 2008.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), Belo Horizonte, v.17, n. spe, p.49-67, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00049.pdf>. Acesso em: 20 de julho 2022. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. **Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de toulmin**. Ciência & Educação (Bauru), Bauru, v. 17, n. 1, p. 97-114, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v17n1/07.pdf>. Acesso em: 20 de julho 2022.

SILVA, L. F.; ASSIS, A. Física Moderna no Ensino Médio: uma experiência para abordar o efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 313-324, 2012.

SILVA, S. C. R.; SCHIRLO, A. C. Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel: reflexões para o Ensino de Física ante a nova realidade social. **Imagens da Educação**, v. 4, n. 1, p. 36-42, 2014;

SIMÕES NETO, J. E. **Abordando o Conceito de Isomeria por Meio de Situação-Problema no Ensino Superior de Química**. 2009. 120 f. Dissertação (Mestrado) - UFRPE, Recife, 2009.

SOARES, Magda. Alfabetização e letramento. São Paulo: Contexto, 2015.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º Grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.9, n.3, p.209- 214, 1992.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. **Física Moderna**. 6ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

VALADARES, E. C.; MOREIRA, M. A. Ensinando Física Moderna no Ensino Médio: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 2, p. 359-372, 1998.

VYGOTSKY LS. **Pensamento e linguagem**. Lisboa: Antídoto; 1979.

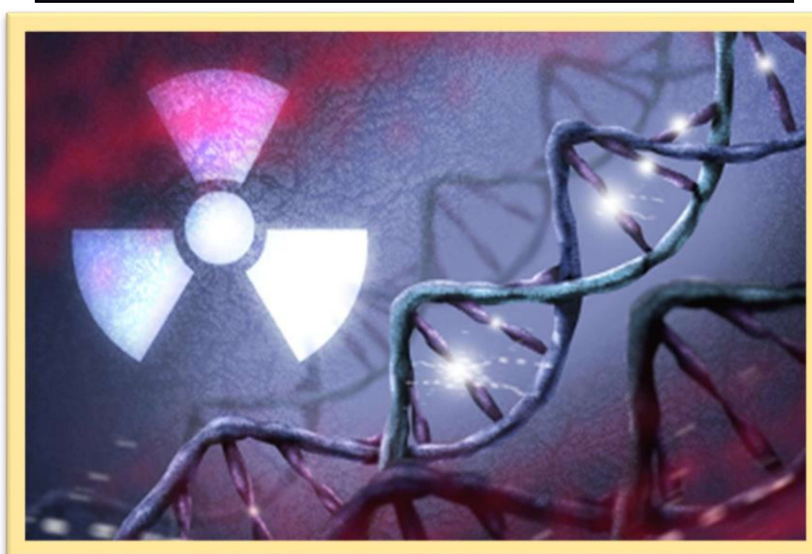
VYGOTSKY, Lev Semenovich. **A construção do pensamento e da linguagem**. Trad. Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001. 496 p.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **A formação social da mente**. 4<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2010.

VYGOTSKY, L.S. et alii. (1988). **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. São Paulo (Brasil):Ícone.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**PRODUTO EDUCACIONAL**



**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO  
DE FÍSICA MODERNA: A RADIOTERAPIA NO  
TRATAMENTO DO CÂNCER**

**MARIZE CRISTINA DE ALMEIDA**

JUIZ DE FORA

2024

## Sumário

|                                                                                    |            |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>APRESENTAÇÃO .....</b>                                                          | <b>143</b> |
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                                           | <b>145</b> |
| <b>2 FICHA TÉCNICA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....</b>                                 | <b>147</b> |
| <b>3 PLANOS DE AULA .....</b>                                                      | <b>147</b> |
| <b>3.1 Aula 1. "Aquisição de Subsunçor" .....</b>                                  | <b>147</b> |
| 3.1.1 Leitura de imagens .....                                                     | 148        |
| 3.1.2 Construção Nuvem de Palavras .....                                           | 151        |
| 3.1.3 Modelos Nuvem de Palavras .....                                              | 152        |
| 3.1.4 Para casa.....                                                               | 152        |
| <b>3. 2 Aula 2. Continuação: "Aquisição de Subsunçor" .....</b>                    | <b>153</b> |
| 3.2.1 Leitura de imagens .....                                                     | 154        |
| 3.2.2 Questionário imagem .....                                                    | 155        |
| 3.2.3 Para casa: .....                                                             | 155        |
| <b>3.3 Aula 3. ....</b>                                                            | <b>156</b> |
| 3.3.1. Apresentação do Espectro Eletromagnético .....                              | 156        |
| 3.3.2 Cópia do Espectro Eletromagnético para cada aluno .....                      | 157        |
| 3.3.3 Descrição do experimento sobre “ondas eletromagnéticas” .....                | 157        |
| 3. 3. 4 Para casa: Atividade e vídeo .....                                         | 169        |
| <b>3.4 Aula 4. ....</b>                                                            | <b>169</b> |
| 3.4.1 Interação da radiação ionizante com a matéria .....                          | 170        |
| 3.4.2. Simulador: Molécula e luz .....                                             | 173        |
| 3.4.3 Construção de Nuvem de palavras.....                                         | 174        |
| <b>3.4.4 Para casa:.....</b>                                                       | <b>175</b> |
| <b>3.5 Aula 5. ....</b>                                                            | <b>175</b> |
| 3.5.2 Construção de Nuvem de Palavras de acordo com Palavras-chave dos alunos..... | 178        |
| 3.5.3 Para casa: .....                                                             | 178        |
| <b>3.6 Aula 6. ....</b>                                                            | <b>178</b> |
| 3.6.1 Leitura de Imagens.....                                                      | 179        |
| 3.6.2 Vídeo: A Física na Radioterapia .....                                        | 181        |
| 3.6.3 Autoavaliação de cada grupo. ....                                            | 182        |

|                                                                          |            |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.6.4 Para casa: Orientações para as apresentações das entrevistas ..... | 183        |
| <b>3.7 Aula 7.</b> .....                                                 | <b>183</b> |
| 3.7.1 Apresentação das entrevistas: autoria dos alunos .....             | 183        |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....                                                 | <b>186</b> |
| Apêndice A – Questionário imagem.....                                    | 187        |
| Apêndice B – Texto a energia do espectro eletromagnético.....            | 188        |
| Apêndice C – Atividade palavra-chave.....                                | 191        |
| Apêndice D – Autoavaliação.....                                          | 192        |



## **PRODUTO EDUCACIONAL: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA: A RADIOTERAPIA NO TRATAMENTO DO CÂNCER**

### **APRESENTAÇÃO**

Prezado (a) Educador (a),

Este Produto Educacional foi elaborado com o propósito primordial de disseminar o conhecimento relacionado à física das radiações, com ênfase nas radiações ionizantes, por meio de uma abordagem interdisciplinar. A principal meta é estimular a construção de um pensamento lógico e sistematizado entre os estudantes do 3º ano do Ensino Médio. Nesse contexto, optamos por desenvolver e aplicar uma sequência didática embasada na teoria do Aprendizado e Desenvolvimento como processo sociocultural, conforme proposto por Vygotsky (1993). Adicionalmente, fundamentamo-nos na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1980), dando ênfase aos princípios de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e aos três momentos pedagógicos. O intuito é criar um ambiente educacional enriquecedor que proporcione um estímulo significativo para o desenvolvimento cognitivo dos alunos.

Complementarmente, como evidenciado ao longo da Sequência Didática, o educador incorporou o simulador PHET, recursos multimídia e experimentos de baixo custo. Essa estratégia busca ampliar a variedade de atividades, enriquecendo as aulas e proporcionando aos alunos uma compreensão mais abrangente, tornando, assim, o conhecimento mais significativo.

A inspiração para desenvolver esta Proposta Pedagógica – que abrange uma apresentação da Física Quântica a partir do fenômeno da Física das Radiações – surge devido ao fato de que a Física Moderna Contemporânea (FMC) é comumente negligenciada no âmbito do Ensino Médio, especialmente na rede pública de ensino. A maioria dos educadores de Física opta por priorizar estudos de Física Clássica, frequentemente ignorando integralmente ou apenas tocando em temas de FMC no término da terceira série do Ensino Médio.

Dessa forma, este Recurso Educacional foi concebido com o propósito de fornecer uma adaptação didática sobre Física Quântica a partir do fenômeno da Física das radiações para o Ensino Médio, representando uma alternativa para os educadores utilizarem em suas aulas. Este Recurso é composto por uma Sequência Didática destinada, preferencialmente, às turmas da 3ª série do Ensino Médio. A sequência foi planejada para ser ministrada em sete aulas, mas pode ser ajustada de acordo com a realidade de cada instituição de ensino, especialmente em relação à carga horária e ao currículo adotado. A estrutura da Sequência Didática foi pensada de modo que cada aula possa desenvolver elementos que sirvam como base para a aula seguinte, permitindo a análise e confronto dos pontos de vista iniciais sobre a Física das Radiações com as contribuições dos demais estudantes e as teorias científicas pertinentes, facilitando uma construção mais sólida do conhecimento.

É importante destacar que este material já foi implementado com resultados satisfatórios em uma escola onde as aulas ocorriam uma vez por semana. No entanto, é flexível o suficiente para ser aplicado com ajustes pertinentes, inclusive em situações de aulas duplas e/ou em horários alternativos durante o contra turno escolar. Para oferecer uma compreensão desta proposta, detalhamos as etapas e atividades integradas na Sequência Didática, bem como fornecemos a ficha técnica completa das aulas planejadas.

Em última análise, reforço o convite para uma abordagem interdisciplinar, dialógica e reflexiva no ensino de Física. A você, educador (a), meus desejos de sucesso nessa jornada!

## 1 INTRODUÇÃO

A física é uma das disciplinas mais importantes, pois ajuda a formar cidadãos críticos e conscientes sobre as questões científicas e tecnológicas presentes na sociedade atual. No entanto, muitos estudantes enfrentam dificuldades para compreender os conceitos teóricos e aplicá-los na prática. Portanto, este Produto Educacional foi concebido como uma alternativa adicional destinada aos professores do ensino médio que buscam integrar recursos educacionais, enriquecendo tanto suas aulas teóricas quanto práticas. Isso visa otimizar a assimilação do conteúdo apresentado em sala de aula.

A intervenção do professor é relevante para o processo ensino-aprendizagem quando se detecta alguma dificuldade do aluno, nesse momento a introdução de iniciativas para superar obstáculos (desafios) é um caminho para a construção do conhecimento.

Esta proposta de ensino está alinhada com a abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), que busca integrar o ensino de conteúdos científicos com a compreensão das implicações sociais, éticas e políticas da ciência e da tecnologia, numa perspectiva humanista, proporcionando formação crítica e cidadã, pautada por uma forma de pensar mais condizente com a construção de uma nova sociedade.

Um produto educacional para o ensino de física pode ser desenvolvido em diferentes formatos, como jogos, aplicativos, vídeos, entre outros. O objetivo é utilizar recursos tecnológicos para tornar o aprendizado mais lúdico, interativo e acessível para os estudantes.

Com um produto educacional para o ensino de física, os professores podem inovar nas aulas e torná-las mais dinâmicas e interessantes para os alunos. Além disso, é possível explorar conteúdos de forma mais eficiente, permitindo que os estudantes compreendam melhor os conceitos teóricos e apliquem esses conhecimentos em situações práticas.

Outra vantagem é que um produto educacional para o ensino de física pode ser utilizado em diferentes contextos de aprendizagem, seja em sala de aula, em casa ou em ambientes virtuais de ensino. Isso torna o aprendizado mais flexível e adaptável às necessidades dos estudantes, permitindo que eles aprendam no seu próprio ritmo.

Por fim, um produto educacional para o ensino de física pode contribuir para a formação de cidadãos críticos e conscientes sobre as questões científicas e tecnológicas presentes na sociedade atual.

A Física Moderna Contemporânea é uma das áreas mais importantes da física atual e é fundamental para entendermos as tecnologias que utilizamos em nosso cotidiano. Além disso,

a aplicação da Física Moderna em áreas como a medicina tem revolucionado o tratamento de diversas doenças, como o câncer.

Nesse contexto, a radioterapia tem se destacado como um método eficaz de tratamento para pacientes com câncer. Por meio de radiações ionizantes, a radioterapia atua no combate às células cancerígenas, destruindo-as ou impedindo sua multiplicação. No entanto, para que esse tratamento seja eficaz e seguro, é necessário um conhecimento aprofundado da física que envolve esse processo.

Dessa forma, uma sequência didática para o ensino de Física Moderna Contemporânea, com foco na radioterapia, é extremamente relevante para estudantes de física e de áreas afins. A sequência pode ser dividida em diferentes etapas, começando pelo estudo dos conceitos básicos da Física Moderna, como a teoria da relatividade e a mecânica quântica.

Em seguida, é importante apresentar aos alunos os princípios e as técnicas da radioterapia, como a geração de radiações ionizantes e sua interação com os tecidos biológicos. É preciso discutir também os possíveis efeitos colaterais do tratamento e como minimizá-los.

Outro aspecto a ser abordado é a tecnologia utilizada na radioterapia, como os equipamentos de dosimetria e as máquinas de aceleração de partículas. É importante que os alunos entendam o funcionamento desses equipamentos e sua relação com os princípios físicos estudados.

Por fim, é interessante que os alunos participem de atividades práticas, como simulações de tratamentos de radioterapia em modelos de tecidos biológicos. Essas atividades podem ajudar a consolidar os conhecimentos adquiridos e a compreender melhor a importância da Física Moderna na área da saúde.

Em resumo, uma sequência didática para o ensino de Física Moderna Contemporânea com foco na radioterapia pode contribuir para a formação de estudantes conscientes da importância da física na saúde e capacitados para atuar em áreas como a radioterapia. Além disso, a abordagem desse tema pode ajudar a despertar o interesse dos alunos pela Física Moderna, uma área que está em constante evolução e tem um enorme potencial para transformar o mundo em que vivemos.

## **2 FICHA TÉCNICA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

**TEMA ESTRUTURADOR:** Física Moderna e Contemporânea - matéria e radiação.

**TEMÁTICA:** Física Atômica e Nuclear Aplicada no Contexto da Medicina.

**PÚBLICO ALVO:** 3º Ano do Ensino Médio, matutino.

**DURAÇÃO:** 07 aulas de 50 minutos.

**OBJETIVO GERAL:** Aprimorar os conhecimentos dos alunos a respeito de Física Moderna e Contemporânea, em particular, Física Atômica e Nuclear aplicada no contexto da medicina.

**ELEMENTOS ESTRUTURADORES:** Teoria da Aprendizagem Significativa de Paul David Ausubel e interação de Vygotsky.

**PAPEL DO PROFESSOR:** Instruir e mediar o processo de ensino de modo a consolidar aprendizagens socialmente úteis aos estudantes.

**AVALIAÇÃO:** Processual, voltada ao aperfeiçoamento da prática pedagógica, construída a partir dos conhecimentos prévios dos alunos, das suas relações interpessoais, das participações e produções em sala de aula, objetivando a formação de pessoas mais autônomas, críticas e conscientes.

## **3 PLANOS DE AULA**

### **3.1 Aula 1. "Aquisição de Subsunçor"**

**CONTEÚDO:** Radiação, Radioatividade e Energia

**OBJETIVO ESPECÍFICO:** Explicar como será realizado todo o estudo, analisar as imagens apresentadas nos slides, identificar padrões comuns e explorar concepções anteriores, sensibilizar sobre os potenciais danos resultantes da exposição à radiação ionizante, compreender que a radiação pode desencadear o desenvolvimento do cancro e, ao mesmo tempo, como pode ser aplicado no tratamento de tumores. Reconhecer a aplicação da Física na tecnologia da Radioterapia no tratamento do Cancro.

**RECURSOS DIDÁTICOS:** equipamentos de multimídia (Datashow ou televisão), quadro negro, canetas coloridas, lápis e caderno.

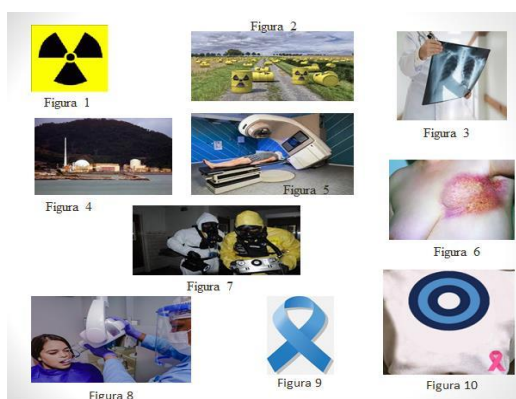
**PROCEDIMENTOS:** primeiramente, explicar para a turma como vai ser o desenrolar da sequência didática durante a aplicação. Pedir ao representante da turma para montar um grupo da turma no aplicativo whatsapp para enviar atividades, tirar dúvidas e orientações.

### 3.1.1 Leitura de imagens

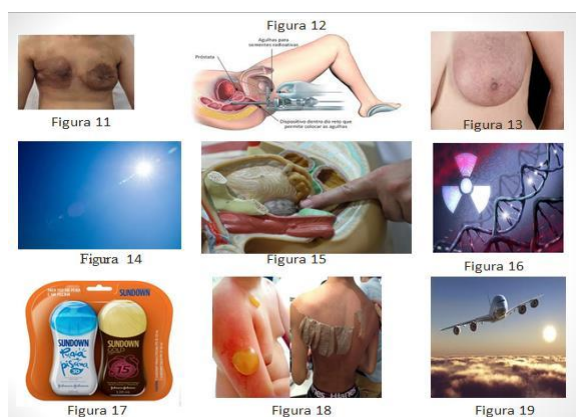
#### 1º MOMENTO (Problematização Inicial)

Apresentar à turma, por meio de televisão ou Datashow, os oito slides contendo imagens preparadas pelo professor, com o intuito de despertar a curiosidade acerca do tema "Radiação". O plano desta aula visa estabelecer ligações entre as novas informações apresentadas e o conhecimento prévio dos alunos, com o propósito de promover uma aprendizagem mais profunda e significativa.

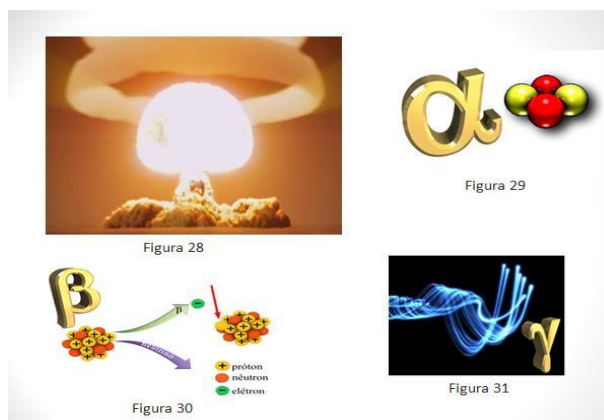
#### Slide 1



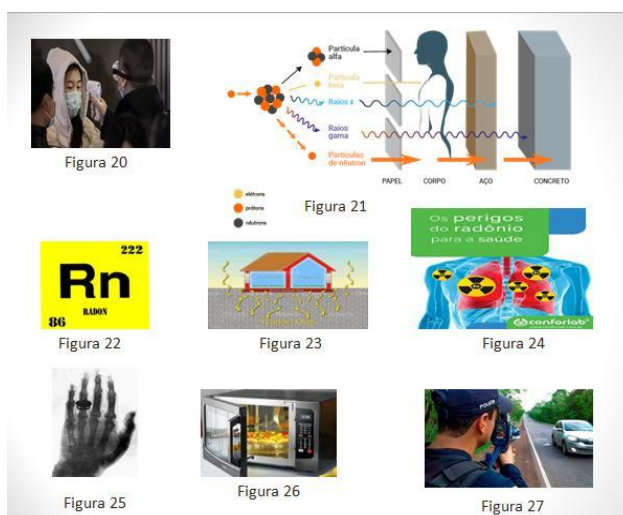
#### Slide 2



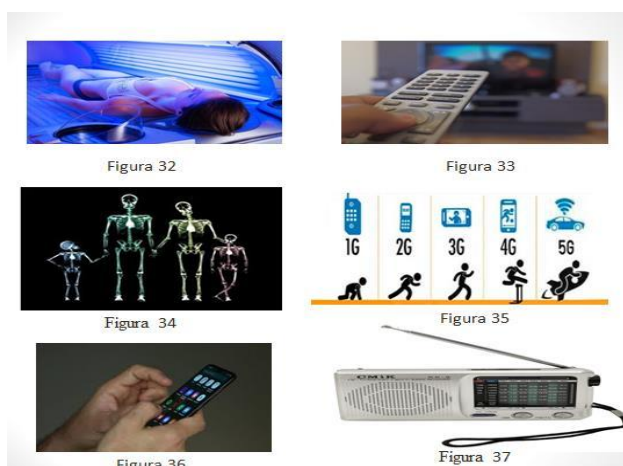
Slide 3



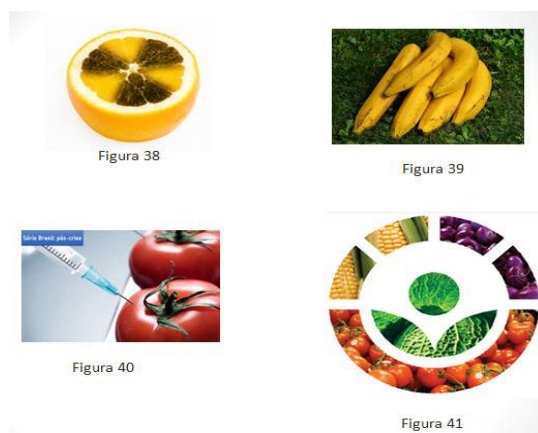
Slide 4



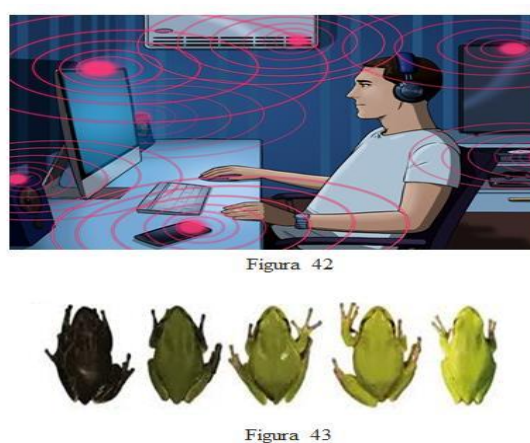
Slide 5



## Slide 6



## Slide 7



## Slide 8



Depois de exibir todos os slides, o educador formulará algumas indagações instigadoras acerca do conteúdo, provocando um breve e dinâmico debate de ideias. É fundamental que o professor não forneça diretamente as respostas, mas sim estimule a curiosidade e o envolvimento dos estudantes. Propomos algumas perguntas desafiadoras a



seguir: 1- Qual o conteúdo físico comum entre todas as imagens que vocês viram? O que é radiação? 2- Ela pode matar ou salvar? 3- Como algo que mata pode salvar vidas? 4- O que é o câncer? 5- Alguém tem familiares ou amigos próximos com câncer? Que tipo de tratamento fez? 6- A física pode contribuir com o diagnóstico e tratamento do Câncer? Se sim, de que forma? <sup>2</sup>

## **2º MOMENTO (Organização do Conhecimento)**

Promova a participação ativa dos estudantes em debates abertos e intervenha quando necessário, sem oferecer respostas predefinidas, com o intuito de construir ou até mesmo desafiar os conhecimentos. No caso de alunos mais reservados, é fundamental que o professor os motive, estimulando-os a expressar suas opiniões diante das questões apresentadas. Muitos alunos podem estar enfrentando essa dinâmica de debates pela primeira vez, exigindo, assim, uma postura mais aberta e encorajadora por parte do educador. Evidencie que, com o desenvolvimento das teorias, ocorreu uma progressão nos padrões atômicos, alcançando um estágio em que os conceitos propostos pela Física Clássica não eram mais suficientes para abordar certos questionamentos. Como consequência, novos paradigmas foram concebidos, assinalando a transição para a era da Física Moderna e Contemporânea.

## **3º MOMENTO (Aplicação do Conhecimento)**

Neste estágio, a fim de formalizar os conhecimentos assimilados, o educador deve propor que façam grupos de quatro integrantes fornecendo uma folha no formato A4 a cada grupo, canetas coloridas, orientando-os a registrar nesta folha palavras que surgem em suas mentes de acordo com que foi discutido até o momento, organizando-as em uma nuvem de palavras. Essa tarefa deve ser entregue ao término da aula e cada grupo se manterá o mesmo até o final da Sequência Didática. Vale ressaltar aos alunos a importância dessa nuvem de palavras, uma vez que esses termos desempenharão um papel fundamental ao serem integrados, posteriormente, a outras palavras científicas durante a condução das entrevistas. Este processo culminará na fase final do desenvolvimento do produto educacional.

### 3.1.2 Construção Nuvem de Palavras

---

<sup>2</sup>Slides disponíveis no link:  
<https://docs.google.com/presentation/d/1KIsIFYTBKAAqYa0VRTArgz8jIKosZAZn/edit?usp=drivesdk&oid=113268495520757345760&rtpof=true&sd=true>

### NUVEM DE PALAVRAS


Construa sua nuvem de palavras.

Grupo \_\_\_\_\_


#### 3.1.3 Modelos Nuvem de Palavras

É importante que o professor dê exemplo de uma nuvem de palavras, que nesta proposta foram dois exemplos em 2 slides, no DataShow.


Slide 1




**NUVEM DE PALAVRAS**



Slide 2



**NUVEM DE PALAVRAS**



**INSTRUMENTOS AVALIATIVOS:** Observação da participação dos alunos durante a aula, respostas aos questionamentos iniciais e análise das produções textuais.

#### 3.1.4 Para casa

Após o término da aula, uma tarefa deve ser compartilhada no grupo do WhatsApp, solicitando aos alunos que pesquisassem na internet sobre como elaborar um vídeo para apresentação no encerramento desta proposta pedagógica. Além disso, fornecer um link com uma sugestão de vídeo. Ao enviar essa mensagem pelo WhatsApp, incluir algumas orientações importantes:

A entrevista pode ser conduzida de forma escrita, em vídeo, em áudio ou audiovisual.

- Os vídeos devem ter no máximo 3 minutos de duração.
- Certifique-se de que a voz, imagem e escrita no vídeo sejam de fácil compreensão.

- A entrevista precisa estar alinhada com os conteúdos abordados.
- Qualquer dúvida sobre a realização da entrevista pode ser esclarecida durante as aulas ou por meio de mensagens escritas ou de áudio no grupo do WhatsApp.

Sugestão de vídeo disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=rvZPMj9Iwyc>

Avisar a turma que após o horário da aula receberá duas tarefas, via whatsapp, para serem realizadas em casa. Assistir aos vídeos recomendados para aprofundar a compreensão do conteúdo subsequente. Caso não consiga assistir os dois vídeos, então assista pelo menos um deles.<sup>3</sup>

### 3. 2 **Aula 2**. Continuação: "Aquisição de Subsunçor"

**CONTEÚDO:** Radiação, Radioatividade e Energia.

**OBJETIVO ESPECÍFICO:** dar continuidade à construção do conhecimento prévio dos alunos, proporcionando elementos comparativos. Esses elementos visam capacitar os estudantes a avaliar e possivelmente modificar concepções errôneas relacionadas à percepção da radiação no contexto da medicina, destacando tanto os aspectos benéficos quanto os potencialmente prejudiciais dessa aplicação específica da física das radiações.

**RECURSO DIDÁTICO:** equipamentos de multimídia (Datashow ou televisão), extensão elétrica, canetas coloridas e questionário imagem.

**PROCEDIMENTOS:** aula expositiva utilizando recurso visual (apresentação em Power point) com figuras ilustrativas sobre os riscos da radiação e benefícios para que o aluno consiga perceber que a radiação não só mata, mas pode ser utilizada para o bem-estar da população.

#### **1º MOMENTO (Problematização Inicial)**

Inicia-se esta aula destacando para os alunos que a radiação, quando utilizada de maneira controlada, não é exclusivamente prejudicial; ao contrário, pode trazer benefícios significativos para a sociedade, conforme evidenciado em exemplos apresentados nos <sup>3</sup>slides. Nesse contexto, instiga-se os estudantes a refletirem sobre se já têm conhecimento dos principais incidentes radiológicos mundiais. Além disso, convida-se a ponderar sobre a qualidade dos alimentos industrializados disponíveis nos mercados, notando a sua aparência atrativa, bom estado de conservação, textura crocante e prolongada vida útil. Será que a

---

<sup>3</sup>Slides disponíveis no link: [https://docs.google.com/presentation/d/1PICXXu3oKRcf3M6pI5cgfB\\_phiazK3Uw/edit#slide=id.p1](https://docs.google.com/presentation/d/1PICXXu3oKRcf3M6pI5cgfB_phiazK3Uw/edit#slide=id.p1)

radiação está relacionada a esses atributos? A partir desta aula, serão desenvolvidos e reexaminados conceitos fundamentais.

### 3.2.1 Leitura de imagens

#### Slide 1

##### Vítimas de Chernobyl (1986)



Figura 44



Figura 45

##### Radiação protege alimentos



Figura 46

#### Slide 2



Figura 47

##### Esterilização de materiais

##### Vítima Chernobyl 1986



Figura 48

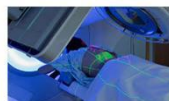
#### Slide 3

Figura 49



Exame

Figura 50



Tratamento

##### Vítimas do Césio – 137 Goiânia 13/09/1987



Figura 51



Figura 52



Figura 53

## 2º MOMENTO (Organização do Conhecimento)

<sup>3</sup>Slides disponíveis no link: [https://drive.google.com/file/d/19b\\_UsUcD5-nX9mW04lsARZLiIjpdMjA/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/19b_UsUcD5-nX9mW04lsARZLiIjpdMjA/view?usp=sharing)

<sup>4</sup>Questionário imagem disponível no link: <https://docs.google.com/document/d/15GfUUiF3mQKFaZYz6wOrzwOrjcGVBL7s/edit?usp=sharing&oid=113268495520757345760&rtpof=true&sd=true>

Apresentar aos estudantes as duas facetas da radiação eletromagnética ionizante, incentivando a formação de opiniões distintas. Até então, a percepção geral da radiação tem sido predominantemente negativa, associada apenas à nocividade.

Esta abordagem permite a exploração de argumentos tanto a favor quanto contra, respaldados por razões sólidas e pertinentes, desafiando preconceções e promovendo uma compreensão mais abrangente do tema.

### **3º MOMENTO (Aplicação do Conhecimento)**

Deixar que os grupos dialoguem entre si e em seguida distribuir o material impresso (questionário imagem - Apêndice A) para cada grupo. Sempre que necessário, o professor pode trazer de volta os slides com as imagens da Aula 1.

#### 3.2.2 Questionário imagem

Ao final da aula, esclarecer eventuais dúvidas sobre os procedimentos de elaboração da entrevista. Mesmo que não surjam dúvidas imediatas, reforçar alguns critérios a serem considerados: \* explicar o propósito da entrevista de maneira clara e concisa; \* manter a duração da entrevista dentro de um limite máximo de 3 minutos; \* escolher o formato da entrevista, que pode ser em formato escrito, áudio ou audiovisual; \* assegurar que a entrevista seja conduzida de maneira respeitosa, sem constranger o entrevistado; \* enviar a entrevista finalizada por e-mail ou WhatsApp para a professora antes da última aula o professor analisar; \* demonstrar seriedade durante a realização da entrevista; \* expressar gratidão ao término da entrevista. Fiquem à vontade para questionar qualquer aspecto desses critérios, caso surjam dúvidas em aulas subsequentes.

**INSTRUMENTOS AVALIATIVOS:** Observação da participação dos alunos durante a aula, respostas aos questionamentos iniciais e análise da produção textual.

#### 3.2.3 Para casa:

Avisar a turma, após o horário da aula, irão receber duas tarefas, via whatsapp, sobre o espectro eletromagnético para serem realizadas em casa. Assistam aos vídeos recomendados

para aprofundar a compreensão do conteúdo subsequente. Caso não consiga assistir os dois vídeos, então assista pelo menos um deles.

- Vídeo sobre o Espectro Eletromagnético <https://www.youtube.com/watch?v=mdTT0uPivbI>

- Vídeo sobre o Espectro Eletromagnético – UNIVESP <https://www.youtube.com/watch?v=-8xKSt0sY9Q>

### 3.3 Aula 3.

**CONTEÚDO:** Espectro Eletromagnético

**OBJETIVO ESPECÍFICO:** Conceituar e diferenciar o espectro eletromagnético e distinguir radiações ionizantes e não ionizantes. Identificar os níveis de energia associados às diferentes faixas do espectro eletromagnético e as causas e efeitos decorrentes da exposição humana a esses tipos de radiações

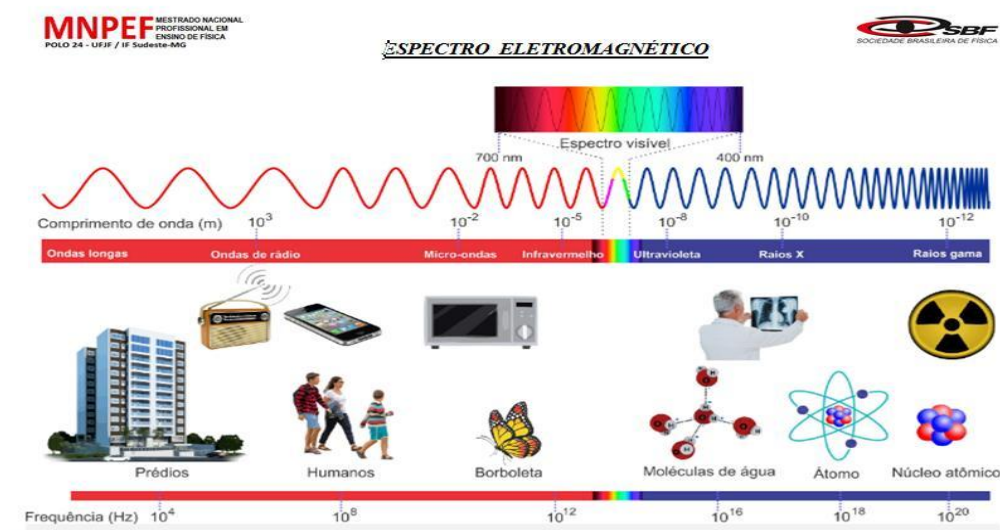
**RECURSO DIDÁTICO:** computador, Datashow, cópia colorida do espectro eletromagnético e experimentos com materiais de baixo custo.

**PROCEDIMENTOS:** aula expositiva utilizando recurso visual (apresentação em Power point) com figuras interpretativas e contextualizadas. Após a leitura não verbal das imagens

#### 3.3.1. Apresentação do Espectro Eletromagnético

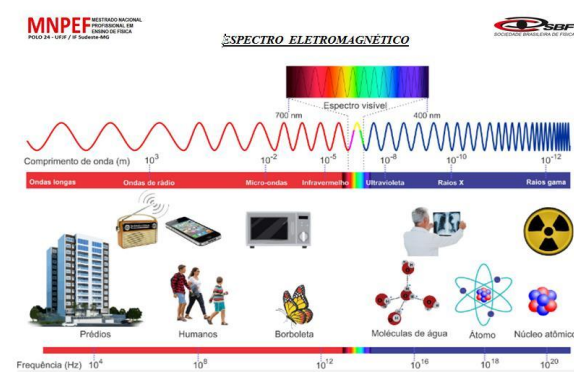
##### 1º MOMENTO (Problematização Inicial)

Apresentar à turma, por meio de televisão ou Datashow, slide contendo um espectro eletromagnético, com o intuito de despertar a curiosidade acerca do tema "Radiação Eletromagnética". Interessante instigá-los com perguntas do tipo: 1 – O que representa o espectro eletromagnético? 2 - Quais figuras do espectro estão mais próximas do seu cotidiano? 3 - O que representa a diminuição de tamanho dos corpos da esquerda para direita? 4 – Por que será que os números do comprimento de onda estão diminuindo da esquerda para direita, enquanto a frequência aumenta? 5 - Essas duas grandezas físicas são diretamente proporcionais ou inversamente proporcionais? 6 – Com relação à energia, qual onda do espectro terá maior energia? 7 – Será que podemos vê o invisível? O plano desta aula visa estabelecer ligações entre as novas informações apresentadas e o conhecimento prévio dos alunos, com o propósito de promover uma aprendizagem mais profunda e significativa.



### 3.3.2 Cópia do Espectro Eletromagnético para cada aluno

Fornecer a cada aluno uma cópia impressa colorida deste espectro eletromagnético colorido é fundamental. Além de apresentá-lo nos slides, a proximidade do material impresso otimiza a visualização detalhada das figuras e números.



### 3.3.3 Descrição do experimento sobre “ondas eletromagnéticas”.

#### 2º MOMENTO (Organização do Conhecimento)

Após a conclusão da exposição sobre o espectro eletromagnético, inicie a projeção dos slides 1 e 2 contendo imagens do dia a dia de cada aluno, exemplificando dispositivos eletrônicos que utilizam as ondas abordadas para melhor assimilação por parte dos estudantes.

Simultaneamente, organize todo o material necessário para o experimento em uma mesa espaçosa, segmentando-o conforme as diferentes ondas eletromagnéticas do espectro. Conduza suas explicações em sincronia com a realização do experimento. Peçam os alunos para aproximarem dos experimentos sem que haja necessidade de montar grupo.

## Slide 1

## ONDAS DE RÁDIO E MICRO-ONDAS



Figura 54



Figura 55



© Banco de DP e em tipo de imagem de comunicação administrada pelo governo  
Brasil. (Imagem: Postar)

Figura 56



Figura 57

## Slide 2

## ONDAS DE RÁDIO E MICRO-ONDAS



Figura 58



Figura 59



Figura 60



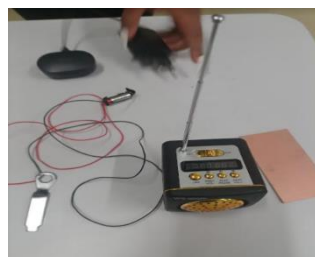
Figura 61

Todos os experimentos realizados durante esta aula foram guiados pelo conteúdo do vídeo acessível através do link: <https://www.youtube.com/watch?v=zWs0HfFUE0U&t=17s>.

Professor, os experimentos podem ser adaptados de acordo com a disponibilidade de materiais e as condições da sua sala de aula. Ao fazer ajustes conforme necessário, você pode criar uma experiência que seja mais acessível e relevante para seus alunos, proporcionando uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos envolvidos.

## ATIVIDADE 1 – Ondas de Rádio

Essa experiência envolve a criação de uma interferência eletromagnética usando uma pilha de 12 volts (Rayovac), fios condutores e uma placa de metal fina. Aqui estão os passos para realizar essa experiência:

Materiais necessários:

- Uma pilha de 12 volts



- Um suporte para a pilha de 12V
- Dois fios condutores com as extremidades desencapadas
- Uma placa de metal fina
- Um rádio
- Fita isolante

Procedimento:

- Conecte as extremidades dos fios desencapados aos polos da pilha de 12 volts. Fixe essas conexões com fita isolante.
- Conecte as extremidades restantes dos fios à placa de metal. Fixe uma extremidade da placa de metal firmemente com fita isolante, enquanto a outra extremidade permanece livre para realizar movimentos oscilantes sobre a superfície metálica.
- A oscilação da placa de metal é projetada para provocar variações no fluxo da corrente elétrica ao fechar o circuito, criando assim uma onda eletromagnética.
- Aproxime a placa oscilante, que está gerando a onda eletromagnética, de uma antena de rádio. Isso causará interferência nas ondas captadas pela antena.
- Explique que a onda eletromagnética gerada pela oscilação da placa de metal interfere nas ondas captadas pela antena do rádio, resultando em ruídos ou interferências audíveis. É importante observar que essa interferência será mais perceptível em um rádio com maior variedade de frequências, pois diferentes estações de rádio podem ser afetadas de maneiras distintas. Explique ao aluno que esta experiência destaca a capacidade das ondas eletromagnéticas de interferirem umas nas outras devido à interferência eletromagnética.

## ATIVIDADE 2 – Micro-ondas

Use uma folha de alumínio para criar uma espécie de "gaiola de Faraday" ao redor de um celular da pessoa B, bloqueando o sinal de celular e impedindo que ela receba chamadas. Exponha, rapidamente, que a gaiola de Faraday é uma estrutura condutora que impede a entrada ou saída de ondas eletromagnéticas, neste caso, o sinal de telefone celular.

Materiais necessários:

- Folha de alumínio com pelo menos 30cm x 30cm
- Dois celulares em funcionamento (A e B)

Procedimento:

- Ambas as pessoas, A e B, devem ter celulares funcionando normalmente.
- A pessoa A deve ligar para a pessoa B, garantindo que ambas possam ouvir o chamado sem que a pessoa B atenda a ligação.
- Agora, envolva o celular da pessoa B com a folha de alumínio. Certifique-se de que o celular esteja completamente coberto e bem embrulhado na folha de alumínio, criando uma espécie de envelope.
- Após envolver o celular da pessoa B na folha de alumínio, peça à pessoa A que ligue novamente para a pessoa B.
- Você observará que, após envolver o celular da pessoa B na folha de alumínio, o telefone não tocará ou indicará que está fora de área de cobertura. Isso ocorre porque a folha de alumínio age como uma barreira que bloqueia o sinal de celular, criando uma espécie de gaiola de Faraday ao redor do dispositivo.

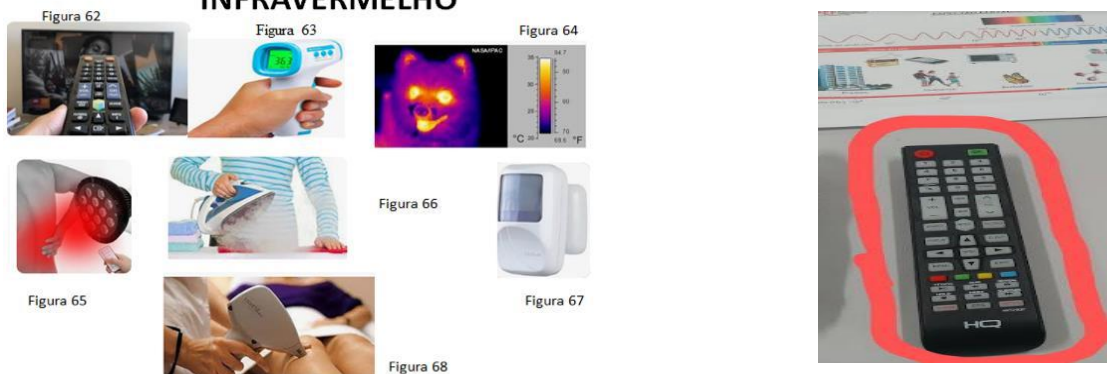
Ressalte que esta experiência é apenas um exemplo prático e ilustrativo dos princípios da gaiola de Faraday. A utilização de folha de alumínio não é a forma mais eficiente de construir uma gaiola de Faraday, pois há muitos fatores a serem considerados, como a qualidade do material, a espessura da folha, entre outros. Contudo, para fins educativos e demonstrativos, essa experiência oferece uma compreensão básica do conceito.



### ATIVIDADE 3 – Infravermelho

Esse é um experimento comum que demonstra como os dispositivos de controle remoto funcionam usando sinais infravermelhos (IR).

## Slide 3

**INFRAVERMELHO**

A maioria dos controles remotos usa LEDs infravermelhos para enviar sinais para dispositivos eletrônicos, como televisores, aparelhos de som, ar-condicionado, etc. Esses LEDs emitem luz infravermelha, que é invisível ao olho humano, mas pode ser detectada por câmeras sensíveis a IR, como a câmera de muitos smartphones.

Aqui estão os passos básicos para realizar essa experiência:

Materiais necessários:

- Controle remoto (de preferência, com pilhas funcionando)
- Celular com câmera (certifique-se de que a câmera é sensível a infravermelho)
- Ambiente escuro para melhor detecção do infravermelho

Procedimento:

- Certifique-se de que o ambiente esteja escuro, pois isso facilitará a detecção da luz infravermelha.
- Aponte o controle remoto para a câmera do celular.
- Pressione um botão no controle remoto enquanto observa a tela do celular através da câmera.

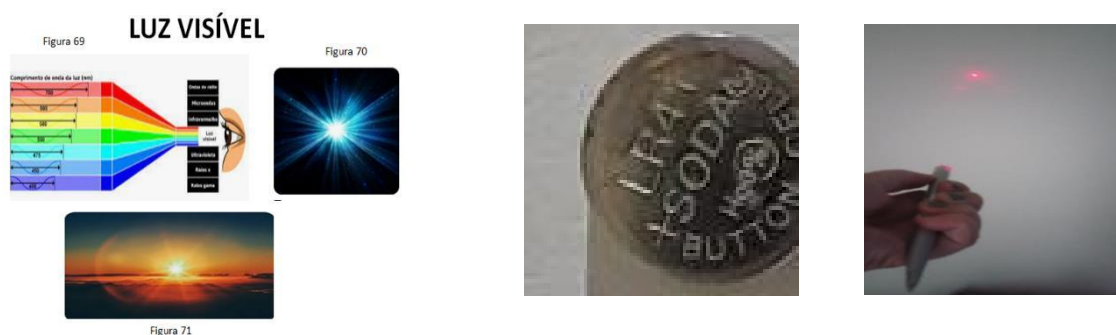
Se a câmera for sensível a infravermelho, você deve ver um ponto ou flash de luz na tela do celular quando pressiona um botão no controle remoto. Este é o sinal infravermelho sendo captado pela câmera.

Atenção, pois nem todas as câmeras de smartphones são sensíveis ao infravermelho. Alguns modelos mais recentes podem ter filtros infravermelhos que impedem a captura desse espectro de luz. Se a sua câmera não conseguir captar a luz infravermelha, pode ser necessário usar um dispositivo de câmera especializada ou uma câmera modificada para esse fim.

Esta experiência destaca a presença de luz infravermelha em situações do cotidiano que geralmente não percebemos.

## ATIVIDADE 4 – Luz Visível

### Slide 4



Realizar uma experiência que evidencie a luz visível usando uma caneta laser, você pode realizar o seguinte experimento simples:

#### Materiais necessários:

- Caneta laser funcionando com três baterias LR41 ou uma lanterna
- Superfície branca, como uma folha de papel ou uma parede clara
- Ambiente escuro ou com pouca luz

#### Procedimento:

- Escolha um ambiente escuro ou com pouca luz para tornar a experiência mais visível.
- Certifique-se de que a caneta laser esteja funcionando corretamente.
- Dirija-se a uma superfície branca, como uma folha de papel ou uma parede clara, onde será mais fácil observar a luz.
- Ligue a caneta laser e aponte-a para a superfície branca. Certifique-se de não apontar diretamente para os olhos de qualquer pessoa.
- Observe o ponto de luz que é projetado na superfície branca. Esse ponto é a luz visível emitida pela caneta laser.

#### Sugestão ao professor:

- Você pode explorar ainda mais a natureza da luz visível fazendo o seguinte:  
Experimente direcionar o laser para diferentes partes da superfície branca e observe como o ponto de luz se move. Introduza objetos transparentes, como um copo de água, no caminho do feixe de laser e observe como a luz se comporta ao atravessar esses objetos.

Enfatize a segurança durante o experimento, evitando apontar o laser diretamente para os olhos e garantindo que o ambiente esteja adequadamente iluminado para que todos possam observar com segurança.

## ATIVIDADE 5 – Ultravioleta

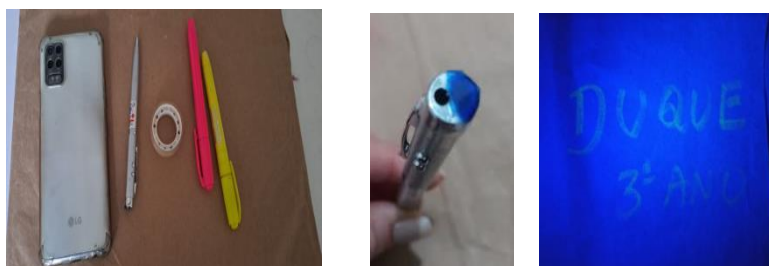
Slide 5

### ULTRAVIOLETA



Este experimento envolve a observação de efeitos ultravioleta em tintas e marcadores fluorescentes. Enfatize para seu aluno que o ultravioleta é uma forma de luz que não é visível para o olho humano, mas algumas substâncias podem absorver essa luz e reemitir em comprimentos de onda visíveis, criando efeitos fluorescentes.

Slide 6



#### Materiais necessários:

- Caneta com lanterna ou lanterna do celular
- Durex
- Caneta de tinta azul
- Papel pardo ou superfície adequada
- Caneta marca texto verde limão ou rosa pink
- O ambiente escuro ou com pouca luz

Procedimento:

- Escolha um ambiente o mais escuro possível. Apague as luzes do ambiente e feche as cortinas das janelas. Se necessário, utilize um tecido preto para bloquear a luz.
- Escreva palavras ou desenhos no papel pardo com a caneta marca texto
- Corte pelo menos três pedaços de fita durex ao meio 1cm x 1cm e aplique um por um sobre a lanterna da caneta. Em seguida, tinta cada pedaço de fita adesiva com uma caneta azul, começando do primeiro até chegar ao último.
- Acenda a lanterna da caneta ou utilize a lanterna do celular.
- Direcione a luz da lanterna para as palavras no papel pardo ou desenhos feitos com a caneta marca texto.
- A fluorescência revelará cores que não eram visíveis à luz normal, mostrando o efeito do ultravioleta na tinta ou no marcador.
- Destaque para os estudantes que estamos lidando com uma forma de radiação ionizante, caracterizada pela capacidade de causar impactos na estrutura celular devido ao seu comprimento de onda reduzido, frequência elevada e energia considerável. É importante compreender que essas características conferem a essa radiação a capacidade de interagir com átomos e moléculas, podendo resultar em efeitos potenciais sobre os tecidos biológicos. Lembre-os que quanto maior a frequência, maior a energia desprendida e maior a penetração nas células do corpo.

Sugestão de experimento: <https://www.youtube.com/watch?v=bEJeQgYd38E>

## ATIVIDADE 6 – RAIOS X

A radiografia é um material, muitas vezes associado a visitas ao médico ou ao dentista. Leve radiografia para sala de aula ou peça aos alunos que tragam de casa para uma análise física ajudando a entender mais sobre a anatomia, estruturas internas e propriedades dos objetos.

Material necessário:

- Uma ou mais radiografias da mama
- Um ponto de luz para melhor observação

## Slide 6

**RAIO X**

Figura 77



Figura 78

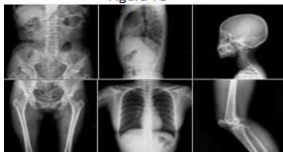


Figura 79



Figura 80

Procedimento:

- Pegue a radiografia e direcione para um ponto de luz mais intenso.
- Deixe que os alunos manipulem a radiografia.
- Peça que observem as diferentes tonalidades de cinza e partes escuras.
- Motive- os a identificar a (s) estrutura (s) presente (s) na (s) radiografia (s). Podemos ver ossos, órgãos ou até mesmo objetos estranhos?
- Explique que os raios X passam através do corpo ou objeto, interagem de maneira diferente com os tecidos, sendo os tecidos densos, como ossos, absorvem mais raios X, aparecendo mais brancos na imagem, enquanto tecidos menos densos, como músculos e órgãos, permitem mais raios X a passarem, aparecendo mais escuros na imagem.
- Fale que a radiografia é uma ferramenta inestimável nos diagnósticos médicos, proporcionando uma visão minuciosa das estruturas internas do corpo e objetos. No entanto, é importante reconhecer que a exposição prolongada ou excessiva aos raios X, essenciais nesse procedimento, pode acarretar riscos à saúde. Os raios X, sendo uma forma de radiação ionizante dotada de considerável energia, têm o potencial de interagir com os tecidos biológicos, gerando impactos que demandam precaução. Portanto, é necessário adotar medidas rigorosas para assegurar que a aplicação dessa tecnologia seja criteriosa e controlada, amenizando os riscos, associados à sua utilização em benefício da saúde e diagnósticos precisos.

**ATIVIDADE 7 – RAIOS GAMA**

Nesta etapa, devido à escassez de materiais educacionais acessíveis, é importante apresentar imagens que ilustrem as aplicações práticas dos raios gama e, simultaneamente,

ênfatizar que essa forma de radiação constitui a porção mais energética do espectro eletromagnético.

Slide 7

## RAIOS GAMA

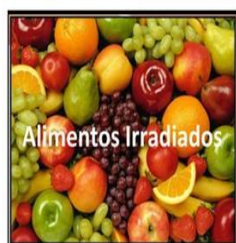


Figura 81

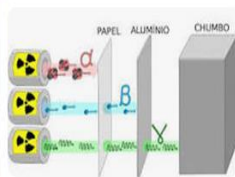


Figura 82

Slide 8

## RAIOS GAMA



Figura 83

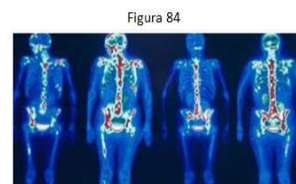


Figura 84



Figura 85

Vale ressaltar que o manuseio desses raios demanda extrema cautela, tornando desafiador realizar experimentos em ambiente escolar. Contudo, é fundamental destacar que, quando controlada com precisão, essa radiação revela-se benéfica, como exemplificado:

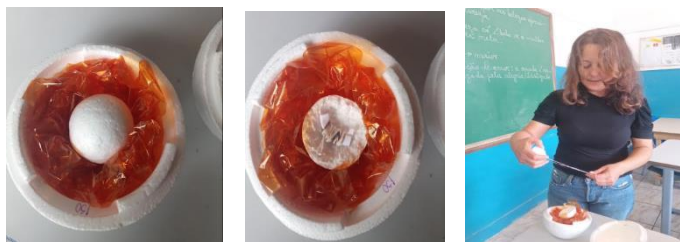
- Na indústria, para esterilizações de materiais como embalagens de alimentos e equipamentos médicos.
- Na medicina, são empregados em tratamentos de radioterapia. Eles são direcionados a áreas específicas do corpo para destruir células cancerígenas. Além disso, são usados em procedimentos de imagem, como a tomografia por emissão de pósitrons (PET), proporcionando diagnósticos mais precisos.
- Na segurança alimentar, os raios gama são utilizados para eliminar bactérias e parasitas em alimentos, prolongando sua vida útil e garantindo que estejam livres de patógenos antes de chegarem às prateleiras dos supermercados. Mostre o selo indicativo de alimento irradiado.



Selo indicativos de alimentos irradiados



### ATIVIDADE 8 – Simulação de uma célula<sup>4</sup>



#### Materiais necessários:

- Uma bola de isopor raio = 20cm
- Uma bola de isopor raio = 6cm
- Um papel celofane marrom 70cm x 85cm
- Um pedaço de papel bem dobrado
- Um pedaço de barbante 30cm

#### Procedimento:

Adquira uma esfera de isopor com um raio maior, aproximadamente 20 cm, para simbolizar uma célula do seu organismo. Insira um pedaço de papel celofane de dimensões 70cm x 85cm na esfera maior para representar o citoplasma, enquanto a esfera de isopor de raio menor, cerca de 6cm, será utilizada para indicar a posição do material genético no núcleo celular. Certifique-se de escolher uma esfera de isopor com mecanismo de abertura já integrado. Em seguida, dobre um pedaço de barbante ao meio e enrole no sentido horário, segurando uma extremidade na outra. Envolve esse barbante em um pequeno pedaço de papel, que será inserido no núcleo da célula, simbolizando o material genético. Quando estiver apresentando para seu aluno, desenrole o barbante e explique o que cada elemento representa no contexto da célula.

Explique para seu aluno que para uma energia elevada, pode ocorrer a ruptura das moléculas. Os efeitos da radiação de alta energia podem se manifestar de diferentes maneiras: reparo do dano, ocorrência de mutações ou, em casos extremos, a morte celular.

---

<sup>4</sup> Experiência 7 disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=zWs0HfFUE0U&t=17s>, adiante o vídeo até 25min.

## ATIVIDADE 9 – Raios C3smicos

Slide 9

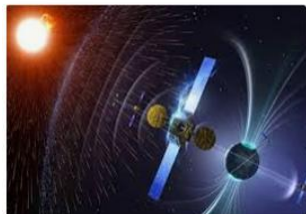
**RAIOS C3SMICOS**

Figura 86



Figura 87

Coloque o slide com imagens sobre a radiação cósmica mostrando que se origina do espaço sideral, principalmente de fontes como o Sol, estrelas distantes e eventos astronômicos de alta energia.

- Informe que a intensidade da radiação cósmica varia conforme fatores como a altitude (quanto mais alto, maior a exposição), a latitude (perto dos polos há maior incidência) e as atividades solares.
- Discuta como a atmosfera terrestre atua como uma camada protetora, filtrando parte da radiação cósmica antes que alcance a superfície. Além disso, fale sobre como essa radiação desempenha um papel crucial na formação de carbono-14 na atmosfera, usado em datação arqueológica.
- Destaque que, embora a exposição à radiação cósmica seja uma parte natural da vida, a quantidade é geralmente pequena e não representa uma ameaça significativa. Aviadores e astronautas podem receber doses mais elevadas, e medidas de proteção são tomadas em ambientes espaciais.
- Explore curiosidades, como o fato de que a radiação cósmica pode interferir em comunicações de rádio e que astronautas em missões espaciais precisam considerar a exposição durante viagens fora da atmosfera.

**3º MOMENTO (Aplicação do Conhecimento)**

Neste estágio, é recomendável que o professor providencie cópias impressas deste texto e as distribua ao final da aula, instruindo os alunos a lerem em casa e completarem a tabela de energia que se encontra no final do texto. Além disso, o professor deve compartilhar o texto no grupo do WhatsApp para garantir que todos tenham acesso. Na aula subsequente, é importante que o professor colete as atividades realizadas pelos alunos, verificando se

conseguiram completar a tabela. Em casos de dúvidas, o professor deve dedicar atenção especial à correção da tabela, esclarecendo quaisquer questionamentos que possam surgir. Essa atividade já está preparando os grupos para o melhor entendimento dos próximos conteúdos.<sup>5</sup>

Essa abordagem visa assegurar uma compreensão efetiva do conteúdo e promover uma participação ativa dos alunos na atividade proposta.

**INSTRUMENTOS AVALIATIVOS:** Observação da participação dos alunos durante a aula, respostas aos questionamentos iniciais e análise da produção textual.

### 3.3.4 Para casa: Atividade e vídeo

Encaminhe à turma, via whatsapp, as tarefas após o término da aula, destinadas a auxiliá-los na preparação para o próximo conteúdo.

- Ler o texto “A Energia do Espectro Eletromagnético” e preencher a tabela (impresso) (Apêndice B).

- Assistir ao Vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=Syaqq96i3RQ>

## 3.4 Aula 4.<sup>6</sup>

**CONTEÚDO:** Física das radiações

**OBJETIVO ESPECÍFICO:** Ensinar a física das radiações aos alunos, proporcionar uma compreensão abrangente dos conceitos fundamentais relacionados à radiação. Desenvolver a capacidade e habilidade dos alunos para analisar os principais processos de interação da radiação com a matéria. Alguns desses processos envolvem partículas carregadas, raio X, radiação gama e o fenômeno de decaimento radiativo.

Desenvolver a habilidade de analisar e compreender os processos de interação da radiação com a matéria, entendendo como partículas carregadas, raios X e radiação gama interagem e afetam diferentes materiais.

---

<sup>5</sup> Slides de 1 ao 9 disponíveis no link: [https://docs.google.com/presentation/d/1rjza5ihXA\\_xziBRMlw6MpqkLa7DVryAd/edit?usp=sharing&ouid=113268495520757345760&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/presentation/d/1rjza5ihXA_xziBRMlw6MpqkLa7DVryAd/edit?usp=sharing&ouid=113268495520757345760&rtpof=true&sd=true)

<sup>6</sup>Disponível: <https://docs.google.com/document/d/1HTY7b8LyOoKpFVJnbRIbWS9Qlgrkvvn3/edit?usp=sharing&ouid=113268495520757345760&rtpof=true&sd=true>

Reconhecer a natureza ionizante da radiação, compreendendo como ela pode causar alterações na estrutura molecular dos materiais que atravessa.

**RECURSO DIDÁTICO:** DataShow, simulador, computador, caixinha de som e atividade escrita.

**PROCEDIMENTOS:** aula expositiva utilizando recurso visual (apresentação em Power point) com figuras interpretativas e contextualizadas.

Em seguida, mostrar através de uma simulação no DataShow ou em laboratório de informática o comportamento de uma molécula quando incidida pela luz, onde o professor ou o aluno, pode aumentar a frequência e conseqüentemente a energia, visualizando a ruptura. Sempre que achar necessário, lembrar e instruir para produção de vídeos no final do projeto.

**INSTRUMENTOS AVALIATIVOS:** Observação da participação dos alunos durante a aula, respostas aos questionamentos iniciais e análise da produção textual.

### 3.4.1 Interação da radiação ionizante com a matéria

#### 1º MOMENTO (Problematização Inicial)

Abordar de forma sucinta a física das radiações, um tema complexo, mas fundamental para compreendermos alguns eventos importantes na história, como o acidente com o césio-137 em Goiânia.

Slide 1



Slide 2

#### A interação com a matéria depende da **ENERGIA** da radiação

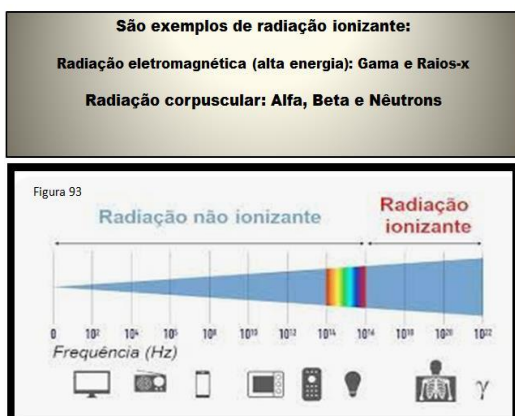
Classifica-se como:

- 1 – **NÃO IONIZANTE** – Energia mais baixa, não suficiente para ionizar a matéria.
- 2 – **IONIZANTE** – Energia suficiente para ionizar a matéria( arrancar elétrons).

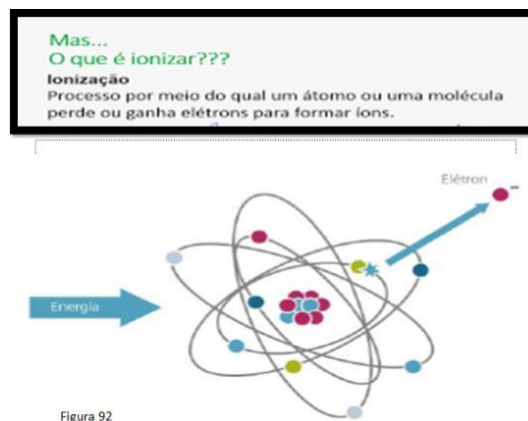
#### 2º MOMENTO (Organização do Conhecimento)

A base da física das radiações está na estrutura atômica. Átomos são constituídos por núcleo, onde ficam prótons e nêutrons, e uma região externa onde os elétrons orbitam. Quando falamos de radiação, ela pode ser classificada como não ionizante ou ionizante.

## Slide 3



## Slide 4



Explique que a radiação não ionizante, como luz visível e micro-ondas, não possui energia suficiente para remover elétrons dos átomos. Já a radiação ionizante, como raios X e partículas alfa, tem energia capaz de arrancar elétrons, causando ionização.

Um átomo com instabilidade, querendo voltar à sua estabilidade, para isso, pode liberar energia na forma de radiação ionizante. Essa energia é poderosa o suficiente para interagir com átomos ao redor, alterando sua estrutura. Mostrar o vídeo no link <https://www.youtube.com/watch?v=GWr5Mm2W57Q> sobre o acidente de Goiânia com o césio-137. Esse acidente ocorreu quando uma cápsula de césio-137 foi aberta, liberando uma quantidade perigosa de radiação. Isso causou sérios problemas de saúde e ambientais. Entender como isso ocorreu nos ajuda a perceber os perigos da radioatividade.

## Slide 5



## Slide 6



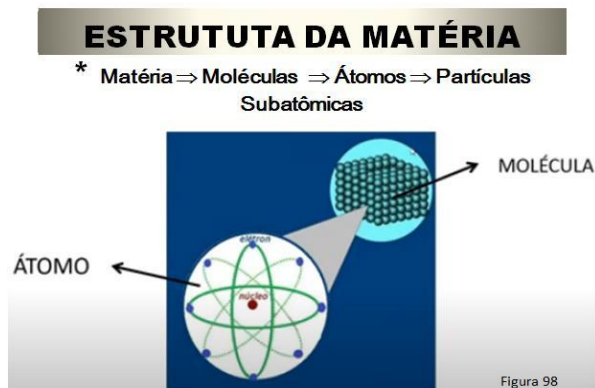
Aprofundar-se neste conteúdo é importante, mas por agora, foque nos conceitos básicos para entenderem os eventos históricos relacionados à radioatividade.

Pergunte se já ouviram falar de Albert Einstein e se já, o que ele fez que tenha contribuído para ciência? Retorne com o conceito de energia  $E = h.f$ , representando esta fórmula. Importante falar para o aluno que o fóton é como uma "partícula" de luz, não possui massa e nem carga. É a menor quantidade de luz possível. Pense nele como um pacotinho de energia luminosa.

## Slide 7

### ESTRUTURA DA MATÉRIA

\* Matéria  $\Rightarrow$  Moléculas  $\Rightarrow$  Átomos  $\Rightarrow$  Partículas Subatômicas



O diagrama ilustra a estrutura da matéria em três níveis. No topo, uma molécula é mostrada como um grupo de átomos. Abaixo, um átomo é detalhado com um núcleo central e elétrons orbitando em camadas. No nível mais baixo, partículas subatômicas são indicadas. O rótulo 'MOLÉCULA' aponta para o grupo de átomos, e 'ÁTOMO' aponta para um dos átomos individuais.

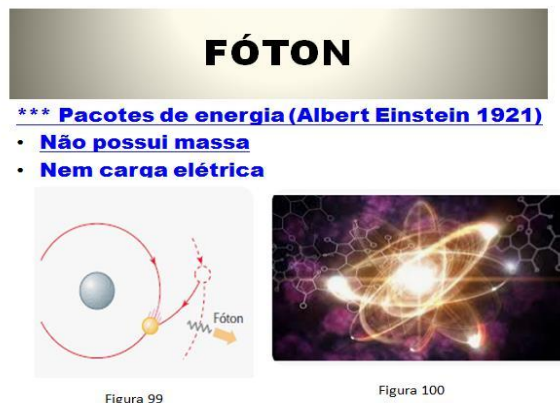
Figura 98

## Slide 8

### FÓTON

\*\*\* Pacotes de energia (Albert Einstein 1921)

- Não possui massa
- Nem carga elétrica



Dois diagramas são apresentados. O primeiro, 'Figura 99', mostra um fóton (representado por uma onda vermelha) interagindo com um átomo, causando a emissão de um elétron. O segundo, 'Figura 100', é uma representação artística de um fóton como uma partícula de luz brilhante.

Figura 99

Figura 100

Nesta fase, recomenda-se questionar os grupos sobre eventuais obstáculos que possam ter enfrentado ao lidar com a tabela de cálculos de energia do espectro eletromagnético designada como atividade para casa. Caso não surjam dúvidas, recolha a atividade e prossiga com a explicação, utilizando o slide pertinente ao efeito fotoelétrico para aprofundar o entendimento. Reforce a compreensão por meio da leitura do texto associado e dos cálculos efetuados. Se, por outro lado, houver dificuldades na resolução dos cálculos, este é um momento propício para abordar e esclarecer inclusive pequenos equívocos matemáticos que possam ter ocorrido durante o processo, promovendo a correção necessária.

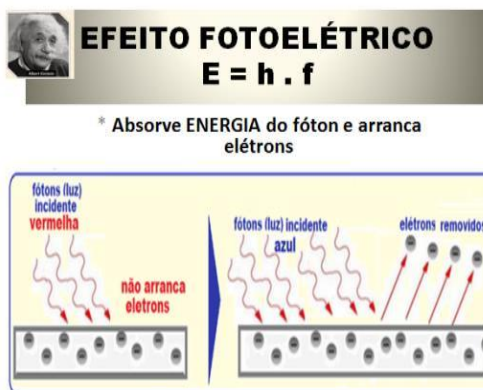
Efeito Fotoelétrico: explicar que os fótons são como pequenos "socos" de luz. O efeito fotoelétrico acontece quando esses socos de luz atingem um material (como metal) e fazem com que elétrons se soltem, criando eletricidade.

## Slide 9

### EFEITO FOTOELÉTRICO

$$E = h \cdot f$$

\* Absorve ENERGIA do fóton e arranca elétrons



O diagrama ilustra o efeito fotoelétrico em um metal. À esquerda, fótons de luz vermelha incidem sobre o metal, mas não conseguem arrancar elétrons. À direita, fótons de luz azul incidem, e sua maior energia é suficiente para arrancar elétrons do metal, como indicado pelas setas vermelhas apontando para cima.

Figura 101

Efeito Compton: Agora, pense no fóton como uma bolinha de bilhar. Quando essa bolinha (fóton) bate em um elétron, ela pode perder um pouco de sua energia e mudar de direção. Isso é o efeito Compton, onde o fóton "quica" no elétron.

## Slide 10

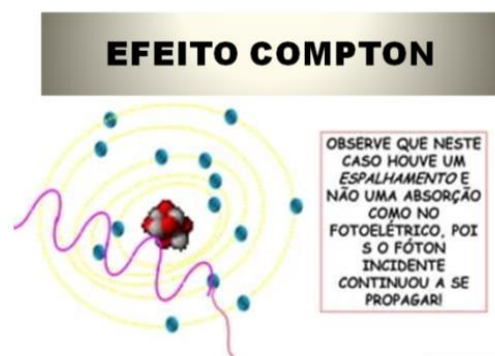


Figura 102

Produção de Pares: Em um ambiente com muita energia, um fóton poderoso pode transformar sua energia em matéria. Isso significa que, em vez de apenas interagir com elétrons, o fóton pode criar um par de partículas opostas, como um elétron e um pósitron.

## Slide 11



Figura 103

Resumindo, fótons são partículas de luz, o efeito fotoelétrico é quando eles liberam elétrons de materiais, o efeito Compton é quando "quicam" em elétrons, e a produção de pares é quando podem criar pares de partículas em ambientes energéticos.

## 3.4.2. Simulador: Molécula e luz

Materiais necessários:

- Computador
- Datashow
- Caixinhas de som
- Acesso à internet
- Extensão elétrica

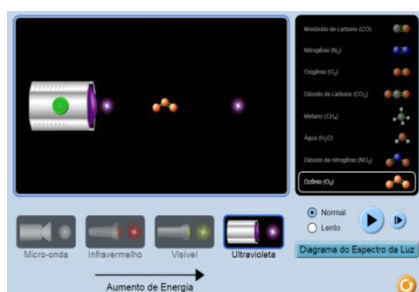
### Procedimento:

Acesse o simulador "Molécula e Luz" do PhET Interactive Simulations por meio do link: [https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_all.html?locale=pt_BR). Utilize um computador em conjunto com um Datashow para projetar a simulação para os alunos. Se houver um laboratório de informática disponível em sua escola, considere levar os alunos para que cada um possa acessar e manipular individualmente a simulação, proporcionando uma experiência mais interativa e enriquecedora.

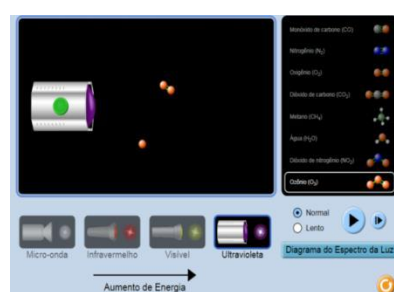
Mostre como diferentes moléculas absorvem e emitem luz em diferentes partes do espectro eletromagnético. Isso está relacionado ao fenômeno de absorção e emissão de luz por átomos e moléculas. O simulador pode ajudar os alunos a compreender o efeito fotoelétrico, onde a luz pode liberar elétrons de um material. Explore como diferentes moléculas reagem à luz, mudando sua forma ou estrutura molecular.

Recomenda-se que os educadores integrem essa ferramenta em suas aulas para fortalecer os conceitos teóricos aprendidos.<sup>7</sup>

Slide 12



Slide 13



Fonte: [https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_all.html?locale=pt_BR)

[https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_all.html?locale=pt_BR)

### 3.4.3 Construção de Nuvem de palavras

## 3º MOMENTO (Aplicação do Conhecimento)

<sup>7</sup>Slides 1 ao 11 disponíveis no link: <https://docs.google.com/presentation/d/1iofR9MIEyjX5N9803jR7UewBSI4LSvj8/edit?usp=sharing&ouid=113268495520757345760&rtpof=true&sd=true>  
 Figura: simulador Phet Colorado – Molécula e Luz



Primeiramente, a professora indagou aos grupos se encontraram desafios ao lidar com a tabela de cálculos de energia do espectro eletromagnético que receberam como tarefa para casa. Eles responderam negativamente, entregaram os trabalhos para a professora revisar e, com satisfação, constatou-se que todos os grupos realizaram a atividade, apresentando apenas pequenos equívocos matemáticos, os quais foram prontamente corrigidos de maneira individual.

Solicite que os alunos mantenham os mesmos grupos formados desde o início da proposta. Distribua uma cópia da atividade para cada grupo e oriente-os a considerar as palavras sugeridas pelo professor. Incentive-os a construir um texto coeso, utilizando essas palavras (Apêndice C), e a formular uma sequência lógica de ideias.

#### 3.4.4 Para casa:

Assistir ao vídeo radioatividade - aplicações, benefícios e malefícios da radiação - <https://www.youtube.com/watch?v=qk776hpgrm0> que ajudará em uma melhor compreensão para aulas subsequentes.

### 3.5 Aula 5.

**CONTEÚDO:** Radioatividade

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:** Esclarecer que a discrepância significativa entre prótons e nêutrons resulta em um núcleo instável, destacando a tendência intrínseca desse núcleo em buscar estabilidade natural; Apresentar de forma breve o histórico da Radioatividade; Oferecer uma perspectiva concisa e informativa sobre alguns acidentes radiológicos notáveis no Brasil e no mundo; Explorar a aplicação segura de tecnologias nucleares, como a medicina nuclear e a geração de energia a partir de reações nucleares;

**RECURSO DIDÁTICO:** DataShow, computador, caixinha de som, vídeo do YouTube e atividade escrita.

**PROCEDIMENTOS:** aula expositiva utilizando recurso audiovisual com vídeos do YouTube interpretativos e contextualizados. Logo após cada vídeo discussões e finalizando com uma atividade escrita.

**INSTRUMENTOS AVALIATIVOS:** A avaliação das atividades será de acordo com a socialização e a colaboração dos alunos do grupo, assim como a participação individual.

Valorizar as habilidades de expressão oral e escrita, assim como a sua capacidade de argumentação e articulação de ideias.

### 3.5.1 Radioatividade

#### **1º MOMENTO (Problematização Inicial)**

Nesta aula, é aconselhável que o professor aborde o conteúdo de forma mais sucinta, dada sua complexidade, enfatizando a importância de os alunos compreenderem a existência de conceitos essenciais.

Oriente os grupos a destacarem uma folha de caderno desde o início da aula e registrarem as palavras mais relevantes durante a discussão, pois no final da aula farão uma atividade considerando estas palavras.

#### **2º MOMENTO (Organização do Conhecimento)**

Trata-se de um vídeo que sintetiza diversos tópicos discutidos em sala, reafirmando esses conceitos por meio de imagens e diálogos, fornecendo um suporte valioso para as próximas aulas.

##### Materiais necessários:

- Computador
- Datashow
- Caixinhas de som
- Acesso à internet
- Extensão elétrica
- Canetas de várias cores

##### Procedimento:

Conecte o computador, o Datashow e certifique-se de estar conectado à internet. Se não houver acesso à internet na escola, considere configurar sua própria conexão. Explique a relevância dos vídeos para esclarecer dúvidas, se houver alguma. Se julgar apropriado, pause os vídeos para destacar conceitos discutidos em aulas anteriores.

- Assistir ao 1º Vídeo do Youtube: O que é Radioatividade? Como ela funciona? (7min:13s) – <https://www.youtube.com/watch?v=CGar94Wmzh4&t=368s> Chernobyl, Becquerel, Pierre e Marie Curie, Penetração Alfa, Beta e Gama, natural e artificial, alimentos, diagnóstico, tratamento, lixo radioativo;

O vídeo resume de maneira objetiva a descoberta dos raios X por Becquerel, aprofundada pelo casal de cientistas Marie Curie e Pierre Curie. Fornece exemplos eficazes das penetrações das partículas alfa, beta e raios gama no corpo humano, assim como estratégias para barrar essas radiações.

Explica que:

- As partículas Alfa: são relativamente grandes e pesadas, sendo bloqueadas facilmente por materiais como papel ou mesmo pela pele humana.
- As partículas Beta: têm uma carga menor que as partículas alfa e podem penetrar mais profundamente em materiais. Para bloquear partículas beta, é necessário um material mais denso, como vidro ou plástico.
- Os raios Gama: são ondas eletromagnéticas de alta energia, sem carga ou massa, são altamente penetrantes e podem passar através de muitos materiais. Geralmente, são necessários materiais densos, como chumbo ou concreto, para bloquear a radiação gama.

Aborda alimentos que naturalmente possuem radiação e são expostos para aumentar a vida útil, além de destacar o papel benéfico da radiação nos diagnósticos e tratamentos do câncer. Revisita quase todos os conceitos e conteúdos previamente discutidos em aulas passadas, consolidando o entendimento dos alunos. Mesmo que alguns detalhes possam não ter sido compreendidos em profundidade, mas pode prender a atenção dos estudantes, pois já possuem uma certa familiaridade com os temas abordados.

- Assistir ao 2º Vídeo do Youtube: Césio 137 em Goiânia – Especial 10 anos - <https://www.youtube.com/watch?v=GWr5Mm2W57Q&t=49s> (5min:46s);

Apresente esse vídeo para seu aluno após uma década do acidente radiológico em Goiânia. Embora de curta duração, essa exibição contém informações valiosas para os adolescentes, muitos dos quais desconhecem esse incidente radiológico em seu próprio país. É importante destacar como e por que esse evento ocorreu. Originado de um aparelho de radioterapia inoperante, este dispositivo continha um elemento radioativo. Infelizmente, devido à falta de conhecimento por parte dos catadores, esse elemento radioativo foi manuseado em contato com o corpo, resultando em mortes e doenças diretas e indiretas.

Após a exibição do vídeo abra uma discussão, forneça detalhes adicionais sobre o ocorrido, abordando temas como a gestão do lixo nuclear.

### **3º MOMENTO (Aplicação do Conhecimento)**

#### 3.5.2 Construção de Nuvem de Palavras de acordo com Palavras-chave dos alunos

À medida que a aula se aproxima do encerramento, é aconselhável que o professor disponibilize uma folha de papel A4 em branco para que cada grupo desenvolva sua representação visual exclusiva das palavras-chave, efetivamente solidificando os conceitos essenciais abordados durante a aula. Essa prática visa aprimorar a expressão linguística dos alunos de forma mais técnica e científica. Antecipa-se que, como resultado desta atividade, haverá um notável avanço em sua alfabetização científica.

#### 3.5.3 Para casa:

Continuando a exploração dos tópicos abordados na aula sobre o acidente radiológico em Goiânia, ocorrido há uma década, é relevante que os alunos compreendam a atual situação da cidade após três décadas desse evento.

- Assistir ao Vídeo Youtube Especial 35 anos do Césio 137, o pesadelo de Goiânia  
<https://www.youtube.com/watch?v=r8Y4QRbmFiI>

### **3.6 Aula 6.**

**CONTEÚDO:** Radioatividade, Radioterapia e Sociedade

**OBJETIVO ESPECÍFICO:** Revisitar conceitos fundamentais, tais como absorção, espalhamento e penetração da radiação, destacando técnicas que podem trazer benefícios aos pacientes; Promover a conscientização sobre a importância de equilibrar os benefícios clínicos com a proteção da saúde; Compreender que a radiação de altas energias são valiosas no sistema de saúde para realização de diagnósticos e, em doses calculadas, para o tratamento como o câncer;

**RECURSO DIDÁTICO:** Computador, Datashow, power point, caixinhas de som e canetas

**PROCEDIMENTOS:** aula expositiva utilizando recurso visual (apresentação em Power point) com figuras interpretativas e contextualizadas. Após a leitura não verbal das imagens

## 1º MOMENTO (Problematização Inicial)

Inicie a aula recapitulando os assuntos e conceitos abordados em aulas anteriores relacionados à radioatividade e à radiação ionizante. Explicar a diferença entre irradiação e contaminação e compreender que a radiação ionizante tem o potencial de impactar a constituição genética quando afeta o DNA. Promova um debate com os estudantes sobre onde a radiação ionizante é utilizada e quais os benefícios que ela traz para a sociedade. Incentive os alunos a compartilharem suas opiniões e a fornecerem exemplos concretos de aplicação da radiação ionizante.


Exibir o vídeo selecionado, “A Física na Radioterapia”, pausando quando necessário para reafirmar os conceitos discutidos anteriormente. Essa abordagem permite revisar os conceitos anteriores, estabelecer um diálogo ativo com os estudantes, reforçar os conhecimentos por meio de um vídeo e incentivar a colocar no papel o conhecimento adquirido durante aulas anteriores e até o momento como para consolidar o aprendizado.

### 3.6.1 Leitura de Imagens

## DECAIMENTO RADIOATIVO

As radiações ionizantes são provenientes de núcleos com excesso de energia.

**NÚCLEOS INSTÁVEIS**  
Emitem, espontaneamente, partículas e ondas transformando-se em **NÚCLEOS MAIS ESTÁVEIS**



## RADIOISÓTOPOS

São isótopos de elementos radioativos utilizados principalmente na medicina (diagnóstico e terapia), indústria e com finalidade de pesquisa. Isótopo instável de um elemento que decai ou se desintegra, emitindo radiação.

### emissões alfa ( $\alpha$ )

São partículas constituídas por **2 PRÓTONS e 2 NÊUTRONS** (núcleos de hélio), que são jogados, em alta velocidade, para fora de um núcleo instável

As partículas alfa possuem carga elétrica + 2, devido aos prótons, e massa igual a 4

Representação da partícula alfa  $\alpha^4_2$

Em 1911, Frederick Soddy enunciou a **1ª LEI DA RADIOATIVIDADE**

“Quando um núcleo emite uma partícula alfa, seu número atômico **DIMINUI DE DUAS UNIDADES** e seu número de massa **DIMINUI DE QUATRO UNIDADES**”

$${}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_2^4\alpha + {}_{90}^{231}\text{Th}$$

Observe que a equação nuclear mantém um balanço de massas e de cargas elétricas nucleares

### emissões beta ( $\beta$ )

São constituídas por **ELÉTRONS** atirados, em altíssima velocidade, para fora de um núcleo instável

Representação da partícula beta  $\beta^{-1}_0$

Como não existe elétron no núcleo, ele é formado a partir de um nêutron de acordo com o esquema:

$${}_0^1n \rightarrow {}_{-1}^0e + {}_0^1p + {}_0^0\gamma$$

Soddy, Fajans, Russell enunciaram a **2ª LEI DA RADIOATIVIDADE**

“Quando um núcleo emite uma partícula beta, seu número atômico  **aumenta de uma unidade** e seu número de massa  **permanece inalterado**”

$${}_{83}^{210}\text{Bi} \rightarrow {}_{-1}^0\beta + {}_{84}^{210}\text{Po}$$

Observe que a equação nuclear mantém um balanço de massas e de cargas elétricas nucleares

## emissões gama ( $\gamma$ )

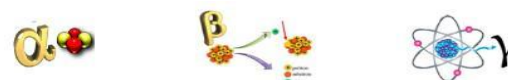
As emissões gama são ondas eletromagnéticas semelhantes à luz

**ATENÇÃO:**



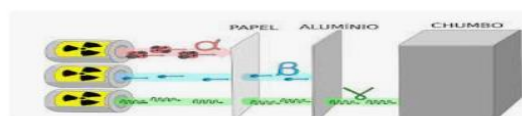
É muito comum confundir irradiação com contaminação. A **contaminação** se caracteriza pela presença de um material indesejável em determinado local. A **irradiação** é a exposição de um objeto ou de um corpo à radiação.

Representação da partícula gama

Estas radiações são perigosas porque:

- \* são invisíveis;
- \* Não se sentem;
- \* Não provocam quaisquer sensações imediatas;



## APLICAÇÕES

### A) SAÚDE

#### • RADIOTERAPIA

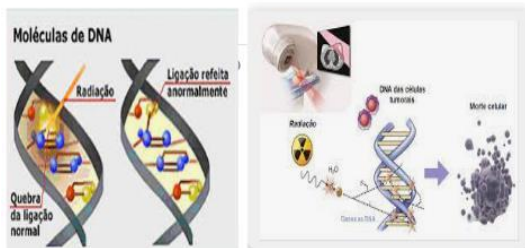
- Utiliza-se radiação gama, raios x ou feixes de elétrons, para o tratamento de tumores, eliminando células cancerígenas e impedindo o seu crescimento.
- O tratamento consiste na aplicação programada de doses elevadas de radiação, com a finalidade de atingir as células cancerígenas, causando o menor dano possível aos tecidos intermediários ou adjacentes.



## Aparelho de TELETERAPIA



**A exposição a radiações não tem necessariamente que induzir o cancro, mas se ela afetar a DNA afeta a constituição genética.**



**No entanto, tudo depende essencialmente:**

- \* Da **quantidade** (tempo de exposição) e da **qualidade** (tipo de radiação: mais ou menos ionizante, mais ou menos penetrante, feixe mais ou menos intenso) de **radiação a que se esteve exposto**;
- \* Da **forma de exposição** (fracionada, única, periódica);
- \* Do **órgão ou tecido irradiado**;
- \* Do **intervalo entre as irradiações**;

## Cobaltoterapia

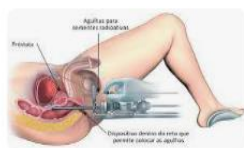
Fonte que emite radiação gama, sendo uma pastilha de material radioativo (cobalto 60)



## Aceleradores Lineares

Após as unidades de cobalto, surgiu os aceleradores lineares com energias maiores diferente dos produzidos pelos equipamentos de autovoltagem





- **BRAQUITERAPIA**

- É Radioterapia localizada para tipos específicos de tumores em locais específicos do corpo humano.
- Utiliza-se fontes radioativas emissoras de radiação gama, encapsuladas em aço inox ou platina, com atividade da ordem das dezenas de Curries.

### RELAÇÕES DE UNIDADE

DL<sub>50/30</sub> (seres humanos): 4 Gy = 400 rad = 4 Sv (para radiação eletromagnética)

1 mSv = 0,1 rem = 0,1 rad = 0,1 cGy (para radiação eletromagnética)

|                  | Antiga | Nova     | Símbolo | Relação                          |
|------------------|--------|----------|---------|----------------------------------|
| Dose             | rad    | gray     | Gy      | 1 rad = 1cGy                     |
| Dose equivalente | rem    | sievert  | Sv      | 1 rem = 0,01 Sv                  |
| Radioatividade   | Ci     | bequerel | Bq      | 1 Ci = 3,7 x 10 <sup>10</sup> Bq |

|                        |                                   | Limites da Dose        |                 |
|------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------|
|                        |                                   | Exposição profissional | População geral |
| Dose equivalente anual | Dose efetiva no organismo         | 50 mSV                 | 5 mSV           |
|                        | Cristalino                        | 150 mSV                | 15 mSv          |
|                        | Pele                              | 500 mSV                | 50 mSv          |
|                        | Mãos, pés, antebraços, tornozelos | 500 mSv                | 50 mSv          |
|                        | Outros órgãos                     | 500 mSv                | 50 mSV          |

## EFEITOS BIOLÓGICOS

- \* Fadiga
- \* Náuseas e Vômitos
- \* Deglutição
- \* Radiodermite
- \* Gripe
- \* Diarréia
- \* Alterações na taxas sanguíneas
- \* Infecções
- \* Perda de apetite

### 3.6.2 Vídeo: A Física na Radioterapia

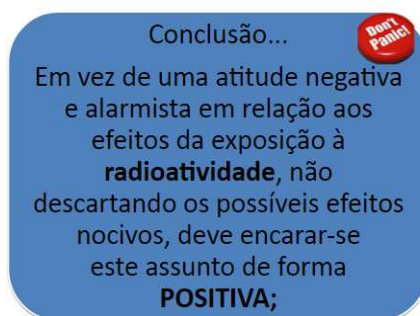
## A FÍSICA DA RADIOTERAPIA

[https://www.youtube.com/watch?v=mU5fA\\_GnYlw](https://www.youtube.com/watch?v=mU5fA_GnYlw)



Slides disponíveis no link: [https://docs.google.com/presentation/d/1kOa7URCjP33cl3zL\\_5mG4z5pIvX6Vks3/edit?usp=sharing&oid=113268495520757345760&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/presentation/d/1kOa7URCjP33cl3zL_5mG4z5pIvX6Vks3/edit?usp=sharing&oid=113268495520757345760&rtpof=true&sd=true)

Vídeo Youtube – A Física na Radioterapia - [https://www.youtube.com/watch?v=mU5fA\\_GnYlw&t=1s](https://www.youtube.com/watch?v=mU5fA_GnYlw&t=1s)



## 2º MOMENTO (Organização do Conhecimento)

### Materiais necessários:

- Computador
- Datashow
- Caixinhas de som
- Acesso à internet
- Extensão elétrica

### 3.6.3 Autoavaliação de cada grupo.

### Procedimento:

Disponibilize para cada grupo um questionário (Apêndice D) estruturado com perguntas específicas sobre as aulas de física das radiações aplicadas na medicina, permitindo que expressem suas opiniões e compartilhem os conhecimentos adquiridos. Isso proporcionará uma oportunidade para ajustes individualizados, concentrando-se de maneira específica nas áreas que necessitam de aprimoramento.

Estimule a reflexão do estudante acerca de sua compreensão dos conceitos fundamentais da física das radiações, consolidando os conhecimentos adquiridos ao longo das aulas. Ao analisar as aulas, os estudantes podem discernir como os conceitos de física das radiações se manifestam no mundo real, fortalecendo a relevância e a aplicabilidade desses conhecimentos. Incentive a participação ativa durante as aulas, visto que os alunos podem perceber a importância direta de seu envolvimento para uma compreensão mais aprofundada dos tópicos.

## 3º MOMENTO (Aplicação do Conhecimento)



## Questionário autoavaliação (Apêndice D)

### 3.6.4 Para casa: Orientações para as apresentações das entrevistas

Encaminhe, por meio do WhatsApp, orientações para a próxima aula, que consistirá em entrevistas elaboradas pelos próprios alunos. Solicite que organizem suas entrevistas em um pen drive, enviem via WhatsApp ou e-mail do professor, ou ainda que armazenem o material no Google Drive. Ressalte a importância da presença de todos na próxima aula, assegurando a integralidade do grupo para que esse momento singular de boas reflexões e indagações não seja comprometido por ausências.

**INSTRUMENTOS AVALIATIVOS:** A avaliação decorrerá da interação entre os grupos e participação ativa com a atividade proposta. Valorizando as habilidades de expressão oral e escrita, assim como a sua capacidade de argumentação e articulação de ideias.

### 3.7 Aula 7.

**CONTEÚDO:** Radioterapia e Sociedade

**OBJETIVO ESPECÍFICO:** Promover o engajamento entre os grupos em fazer entrevistas com profissionais da área ou pacientes que estejam em tratamento ou que já passaram pelo processo de Radioterapia; Despertá-los para importância da prevenção, diagnóstico precoce e tratamentos do câncer; Relacionar a Física aplicada a Radioterapia;

**RECURSO DIDÁTICO:** DataShow, celular, caixinha de som, computador e pen drive

**PROCEDIMENTOS:** É recomendável que o professor assista todas as entrevistas antes dessa aula para que o conteúdo esteja em conformidade a proposta. Definir a ordem de apresentação dos grupos. Antes de dar início às apresentações, o interventor fazer o agradecimento ao empenho de cada grupo e também a cada entrevistado por expor sua realidade de forma a colaborar com o próximo. É uma aula que o professor tem que ficar atento aos pequenos detalhes, pois é um momento em que a sensibilidade fica aflorada por estar passando por esta situação ou ter passado com amigos, parentes ou na própria família.

**INSTRUMENTOS AVALIATIVOS:** A avaliação decorrerá da interação entre os grupos e participação ativa com a atividade proposta. Valorizando as habilidades de expressão oral e escrita, assim como a sua capacidade de argumentação e articulação de ideias.

#### 3.7.1 Apresentação das entrevistas: autoria dos alunos

## **2º MOMENTO (Organização do Conhecimento)**

### Materiais necessários:

- Computador
- Datashow
- Caixinhas de som
- Acesso à internet
- Extensão elétrica

### Procedimento:

Antes de começar com as apresentações, ressaltar a importância da proposta pedagógica que está sendo desenvolvida. O objetivo é aprender não apenas sobre os conteúdos acadêmicos, mas também sobre as experiências de vida uns dos outros.

Fale sobre as entrevistas que serão apresentadas envolvendo relatos de momentos importantes pelos quais os entrevistados passaram, momentos sensíveis que requerem respeito e empatia. Cada história é única e cada um dos estudantes terão vivências diversas que contribuirão para a riqueza da nossa comunidade de aprendizado.

Ressaltar a seriedade durante as apresentações. É fundamental que todos estejam atentos, respeitosos e dispostos a aprender com as experiências compartilhadas.

Se o sorteio não foi feito para determinar a ordem de apresentação, saber se há algum grupo que se sinta pronto para começar. Quem gostaria de ser o primeiro a compartilhar sua entrevista?

Testar a reprodução dos vídeos para garantir que o som e a imagem estejam claros e visíveis para todos os alunos.

## **3º MOMENTO (Aplicação do Conhecimento)**

Permita que eles apresentem o trabalho completo, compartilhando as entrevistas realizadas com profissionais da área ou pessoas que passaram por experiências relacionadas à radioterapia. Incentive-os a destacar os pontos mais importantes abordados nas entrevistas e a transmitir as informações de forma clara e envolvente. Incentive os alunos a compartilharem suas impressões, fazerem perguntas e expressarem suas opiniões. Essa abordagem permitirá que os alunos apresentem seus trabalhos de forma colaborativa e

engajadora, enquanto a discussão posterior ajudará a consolidar o aprendizado e a explorar diferentes perspectivas sobre a radioterapia.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.
- DELIZOICOV, D. & ANGOTTI, J. A. & Pernambuco, M. M. C. A. (2002). **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez.
- FREDERICO, F. T.; GIANOTTO, D. E. P. Contribuição das imagens para o ensino de física numa perspectiva da Teoria da Dupla Codificação **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vol. 17, Nº 1, 200-222. Pesquisa de Doutorado, Universidade Estadual de Maringá, Brasil, 2018.
- GUIMARÃES, C. C. (2009). **Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa**. Química Nova na Escola, vol. 31, n.3, p. 198.
- LACERDA, Gilberto. **Alfabetização científica e formação profissional**. Educação & Sociedade, ano XVIII, nº 60, dezembro/97.
- OLIVEIRA, M. M. L. et al. Práticas experimentais de Física no contexto do ensino pela pesquisa: uma reflexão. **Experiências em Ciências**, v. 5, n. 3, p. 29-38, 2010.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. 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. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 18, n. 2, p. 135-151, 2001.
- PESSOA DE CARVALHO, A. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, 18(3), 765–794. 2018. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765> Acesso em 03 de jan. 2024.
- SASSERON, L. H. **Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), Belo Horizonte, v.17, n. spe, p.49-67, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00049.pdf>. Acesso em: 20 de julho 2022. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>
- SILVA, L. F.; ASSIS, A. Física Moderna no Ensino Médio: uma experiência para abordar o efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 313-324, 2012.

## APÊNDICE A – Questionário imagem



1) \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2) Você conhece esses dois símbolos? Se sim, qual a relação que eles possuem com as atividades radioativas (radiação)?



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3) Você conhece esse aparelho? Para que serve?



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

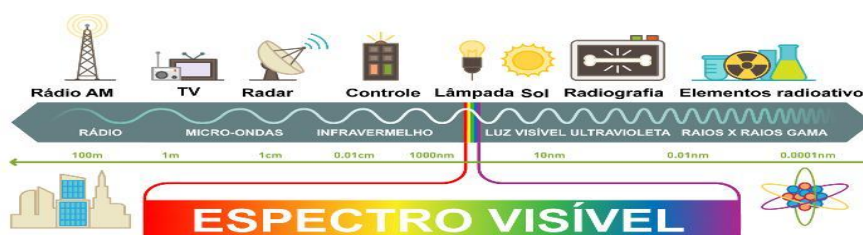
## APÊNDICE B – A energia do espectro eletromagnético

### ATIVIDADE

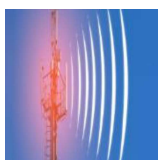
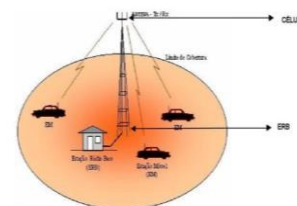
## A ENERGIA DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

### ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

As ondas eletromagnéticas são as responsáveis pelas telecomunicações, pelos sinais 4G captados pelo celular, pelos sinais de WiFi presentes em diversos lugares, pelo transporte das informações que chegam à sua televisão, pelas ondas de rádio que te permitem sintonizar a sua rádio favorita, pelas micro-ondas que esquentam a sua comida de forma prática, pelos raios-X tão importantes no diagnóstico de doenças, pelos raios gama no tratamento do câncer e etc. Deu pra ter uma ideia da importância destas ondas?



Seu celular já ficou sem sinal quando transitava por um túnel, montanhas, morros, zonas rurais, edifícios, elevadores, telas metálicas, concreto ou clima ruim? À medida que se aproxima dos limites da cobertura de telefonia, ou seja, onde não há mais torres de celular, o sinal enfraquece de maneira gradual, até desaparecer. Apesar do comprimento de onda ser grande, a frequência é baixa e, conseqüentemente, a energia emitida pela antena, também é baixa. Estamos falando de uma frequência  $10^8$  a  $10^{12}$  Hz, com comprimentos de onda respectivos situando-se na faixa de **3 cm a  $300 \mu\text{m}$  ( $10^{-6}$  m)**. São também usadas para a transmissão de informações como em radares, sensoriamento remoto e, ainda, em telefonia celular e transmissão de dados informatizados.



Temos as radiações, ainda, abaixo das micro-ondas que são as populares do nosso dia a dia **ondas de rádio** com frequências compreendidas no intervalo de  $10^5$  a  $10^{10}$  Hz, e comprimentos de ondas do espectro, na faixa de **3 km a 3 cm**. São ondas deste tipo que trazem até nós os sinais que recebemos nos nossos aparelhos de rádio, TV e telefones celulares.



O **micro-ondas** pode deixar sua Internet Wi-Fi lenta?? Inimigo do Wi-Fi? Pode ocorrer sim, pois os roteadores e fornos micro-ondas funcionam na mesma faixa de frequência entre  $10^{10}$  a  $10^{12}$  Hz. Os comprimentos de onda respectivos situam-se na faixa de **3 cm a  $300 \mu\text{m}$** . O eletrodoméstico emite sinais de radiofrequência para esquentar alimentos, da mesma forma que o roteador usa esses sinais para trocar dados.

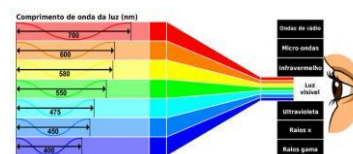
CUIDADO: A Radiação Não-Ionizante pode provocar aumento da temperatura no corpo. Se passarmos algum tempo falando ao telefone celular sentimos um significativo aumento da temperatura na região da cabeça.



A **radiação infravermelha** é um tipo de luz, num espectro que não é visível ao ser humano, emitido por todo corpo quente. O termômetro infravermelho não emite radiação, ele somente detecta a radiação emitida pelo corpo. A luz emitida pelo laser se encontra no espectro visível, sendo usada a luz vermelha de baixa intensidade. Comprimento de onda **1mm a 750nm ( $10^{-9}$  m)**, com frequências desde  **$10^{11}$  a  $10^{14}$  Hz**, aproximadamente. Exemplos são os controles remotos, mísseis teleguiados, na medicina para diagnosticar, ferro de passar roupa e até de nosso próprio corpo.

### Luz Visível

**ATENÇÃO** para o mais importante exemplo: são graças a ondas eletromagnéticas que... **VOCÊ ENXERGA!** Sim! A luz é uma onda eletromagnética. Refere-se à parte do espectro que o olho humano consegue detectar. Em comparação com amplitude total do espectro, a luz ocupa uma faixa muito estreita de frequência, situada entre o infravermelho e o ultravioleta, que vai de  **$4,3 \cdot 10^{14}$  a  $7,5 \cdot 10^{14}$  Hz**, correspondente a comprimentos de onda de **750 a 400 nm**. Os microscópios óticos são exemplos de interação da **luz visível** com a matéria.



As **radiações UV** têm frequências entre  **$7,5 \cdot 10^{14}$  e  $3 \cdot 10^{16}$  Hz**, que correspondem a comprimentos de onda na faixa de **400 nm a 10 nm** de altas energias e grande poder de penetração em nossa pele, o seu efeito é o tom bronzeado que adquirimos no verão; vem justamente da absorção pela nossa pele das radiações UV emitidas pelo Sol. A fonte primária é o Sol, mas estas ondas podem ser emitidas por dispositivos criados pelo homem. Usando de forma desregrada podemos adquirir câncer de pele, inflamação UV (olhos) ou mesmo a cegueira.



Mais de 90% da vitamina D é produzida quando os raios ultravioletas da luz solar atingem a pele e desencadeiam a síntese do nutriente. Isso não significa, que devemos nos expor ao sol de maneira indiscriminada e deixar de usar protetor solar. É essencial na manutenção dos níveis de cálcio e fosfato e, portanto, na calcificação dos ossos.



Os **raios – X** é um tipo de radiação constituída pelas ondas eletromagnéticas que possuem frequências superiores às frequências das radiações ultravioletas. Bem energética. Possuem comprimentos de ondas entre **0,1 e 100Å** e frequência entre  **$10^{16}$  a  $10^{20}$  Hz**.

Existem radiações que são extremamente energéticas devido suas altas frequências com alto poder de penetração na matéria. Com comprimento de onda muito pequeno  **$10^{-10}$  m a  $10^{-14}$  m**.



A **radiação gama** é, onda eletromagnética, de alta frequência que se estende aproximadamente desde  **$5 \cdot 10^{19}$  até  $10^{22}$  Hz** carregando muita energia e penetrando mais na matéria, em compensação seu comprimento de onda é o menor do espectro eletromagnético da ordem de  **$10^{-11}$  m**. Podendo ser parada por

elementos muito densos, como o chumbo. É nociva aos tecidos vivos pelo seu poder ionizante, onde a Medicina recorre aos benefícios através da Radioterapia no tratamento do câncer.

A energia radiante não é emitida (ou absorvida) de modo contínuo, como em geral imaginamos, mas sim em porções descontínuas, “partículas” que transportam, cada qual, uma quantidade de energia  $E$  bem definida. Essas “partículas” de energia foram denominadas fótons. A energia  $E$  de cada fóton é denominada quantum (no plural quanta).

O quantum  $E$  de energia radiante de frequência  $f$  é dado por:

$$\underline{E = hf}$$

Nessa equação,  $E$  é a energia pertencente ao fóton,  $f$  é a frequência da radiação eletromagnética (Hz) e  $h$  é a [constante de Planck](#), que possui valor de  $6,63 \times 10^{-34}$  J.s ou  $4,14 \times 10^{-15}$  eV.s. a energia é sempre emitida e absorvida pela matéria em múltiplos inteiros de  $h f$ ,  $2h f$ ,  $3h f$  e assim sucessivamente.

As ondas eletromagnéticas se propagam com a mesma velocidade e por isso as ondas de maior frequência são aquelas de menor comprimento de onda e as ondas de menor frequência apresentam o maior comprimento de onda  $\underline{v = \lambda \cdot f}$

1) Complete as duas últimas colunas da tabela abaixo, calculando a ENERGIA e elencando possíveis riscos à saúde humana.

| <b>Tipos de Radiações</b> | <b>Frequência</b><br><i>(Hz)</i> | <b>Energia</b><br><i>(eV)</i> | <b>Interação com a matéria.</b><br><i>(Exemplos e possíveis riscos)</i> |
|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ondas de Rádio</b>     |                                  |                               |                                                                         |
| <b>Micro-ondas</b>        |                                  |                               |                                                                         |
| <b>Infravermelho</b>      |                                  |                               |                                                                         |
| <b>Luz visível</b>        |                                  |                               |                                                                         |
| <b>Ultravioleta</b>       |                                  |                               |                                                                         |
| <b>Raios X</b>            |                                  |                               |                                                                         |
| <b>Raios Gama</b>         |                                  |                               |                                                                         |



## APÊNDICE C

**ATIVIDADE**

GRUPO \_\_\_\_

**Construa um texto baseando-se nas palavras-chave, abaixo:**

Comprimento de onda – frequência – altas energias – exposição – partículas – átomo – célula – elemento radioativo – sociedade – invisível – ionização – interação – fóton – boa – ruim.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## APÊNDICE D

**MNPEF** MESTRADO NACIONAL  
PROFISSIONAL EM  
ENGINHO DE FÍSICA  
POLO 24 - UFJF / IF Sudeste-MG

I



3º ANO

## ATIVIDADE EM GRUPO

GRUPO \_\_\_\_\_

- 1 - O que são radiações ionizantes e como elas diferem das radiações não ionizantes em termos de energia e efeitos biológicos?
- 2 - Quais são os principais efeitos da exposição à radiação ionizante no corpo humano e como a proteção radiológica é alcançada?
- 3 - Como a física das radiações é aplicada na medicina nuclear e na terapia de radiação no tratamento do câncer?
- 4 - Quais as vantagens, na sua opinião, do uso de radiação na Medicina?
- 5 - Quais as desvantagens, na sua opinião, do uso de radiação na Medicina?
- 6 - O que você considera como sendo o mais importante dentro do que aprendeu nas aulas de Física?

---

---

---

---

---

---

---