

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
CAMPUS CAMPO MOURÃO

VALÉRIO ULIANO

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA INTRODUÇÃO À
FÍSICA DAS RADIAÇÕES IONIZANTES NO ENSINO
MÉDIO

CAMPO MOURÃO
2018

VALÉRIO ULIANO

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA INTRODUÇÃO À
FÍSICA DAS RADIAÇÕES IONIZANTES NO ENSINO
MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física – Polo 32, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Dr.^a Roseli Constantino Schwerz

CAMPO MOURÃO
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

U39 Uliano, Valério

Uma sequência didática para introdução à física das radiações ionizantes no ensino médio / Valério Uliano. – Campo Mourão, 2018.
115 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Roseli Constantino Schwerz
Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Campo Mourão, 2018.
Inclui bibliografia.

1. Radiação. 2. Radioatividade. 3. Ensino de Física – Dissertações. I. Schwerz, Roseli Constantino, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. IV. Título.

CDD (22. ed.) 530.07

Biblioteca da UTFPR - Câmpus Campo Mourão

Bibliotecária/Documentalista:
Andréia Del Conte de Paiva – CRB-9/1525

TERMO DE APROVAÇÃO

Titulo da dissertação:

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA INTRODUÇÃO À FÍSICA DAS RADIAÇÕES IONIZANTES NO ENSINO MÉDIO

por

Valério Uliano

Esta dissertação foi apresentada às 16h. do dia **21 de setembro de 2018** como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENSINO DE FÍSICA, do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física do Departamento de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campo Mourão - Polo 32 do MNPEF - SBF. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação a banca examinadora considerou o trabalho _____(aprovado ou reprovado).

Roseli Constantino Schwerz
Universidade Tecnológica do Paraná

Gilson Junior Schiavon
Universidade Tecnológica do Paraná

Breno Ferraz de Oliveira
Universidade Estadual de Maringá

Dedico este trabalho a minha família,
principalmente a minha mãe.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que sem Ele não estaríamos aqui, e também por ter me dado saúde para concluir este processo da minha vida.

Agradeço a minha família, por todos os momentos, incentivos e força durante esse processo. Agradeço principalmente a minha filha Juliana por não me deixar desistir nos momentos mais difíceis.

Também agradeço a minha orientadora Dr.^a Roseli, por todo incentivo, ajuda e confiança em mim depositada no desenvolver do trabalho.

Agradeço a todos os professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná por tudo o que foi ensinado neste período.

ULIANO, V. UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA INTRODUÇÃO À FÍSICA DAS RADIAÇÕES IONIZANTES NO ENSINO MÉDIO. 2018. 109 fls. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018.

RESUMO

O ensino da Física deve ser capaz de fazer com que os alunos consigam interpretar o mundo de um ponto de vista das Ciências, manejando conceitos, leis e teorias científicas, ao mesmo tempo em que deve identificar aspectos inseridos no seu dia-a-dia principalmente os sociais e culturais. No entanto, alguns estudos afirmam que os alunos estão encontrando dificuldades, ou até mesmo não conseguem, correlacionar os conteúdos científicos com o cotidiano, construindo de tal forma representações inadequadas da Ciência. Devido a isto, este trabalho teve como objetivo principal desenvolver uma Sequência Didática destinada ao ensino de Física das radiações no ensino médio considerando as relações Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) deste conteúdo, para a 3ª série do ensino médio dentro do contexto da Física Moderna. Foram realizadas dez aulas com atividades referentes à introdução à física das radiações, raios-x, rejeitos radioativos e utilização da radiação em outros campos, e para finalizar ainda uma visita técnica, onde os alunos puderam melhor correlacionar e ver na prática os assuntos teóricos abordados em sala de aula. Como resultado, a realização da Sequência Didática alcançou os objetivos propostos, constatando-se ainda que os alunos obtiveram uma participação acima das expectativas.

Palavras-chave: Radiação, Ensino de Física, Radioatividade.

ULIANO, V. A DIDACTIC SEQUENCE FOR INTRODUCTION TO THE PHYSICS OF IONIZING RADIATIONS IN HIGH SCHOOL. 2018. 109 fls.
Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018.

ABSTRACT

Teaching physics must enable students to interpret the world from the sciences point of view, managing concepts, physics laws and scientific theories, while at the same time developing aspects inserted in their daily lives, mainly in the social and cultural ones. However, some studies claim that students have experienced difficulties, or even fail to achieve or construct adequate representations of Science. In this context, this work had as main goal to develop a Didactics Sequence for the teaching of Radiation Physics in High School considering the relations Science, Technology and Society (CTS), for a class in the last year of high school. It was conducted ten classes about introducing radiation physics, x-rays, radioactive waste and the use of radiation in other fields. And to finish a technical visit, where students could correlate and verify the practice of lectures subjects addressed in the classroom. As a result, the accomplishment of the Didactics Sequence reached the proposed objectives, and it was possible to notice a greater interest and the student's participation.

Keywords: Radiation, Physics Teaching, Radioactivity

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Frequência de citações, sobre o que vem à mente quando ouve a palavra "Radiação", Questionário A.	24
Gráfico 2- Porcentagem das respostas dos alunos sobre como a Radiação se propaga, Questionário A.....	25
Gráfico 3 - Quantidade de vezes que foram citadas palavras sobre o que a radiação pode causar, Questionário A.	27
Gráfico 4 - Quantidade de vezes que foram citadas palavras sobre como usar a radiação a nosso benefício, Questionário A.	28
Gráfico 5 - Resultados das questões conceituais do Módulo 1	31
Gráfico 6 - Resultados das questões conceituais do Módulo 2	37
Gráfico 7 - Respostas das questões do Módulo 3.....	40
Gráfico 8 - O que vem a mente quando ouve a palavra: Radiação, Questionário B.	43
Gráfico 9 - Frequência dos termos encontrados nas respostas dos alunos sobre a pergunta 3	45
Gráfico 10 - Respostas citadas pelos alunos sobre o que a radiação pode causar ao nosso organismo.	47
Gráfico 11 - Respostas citadas pelos alunos sobre o que a radiação pode ser utilizada para nos auxiliar em alguma situação ou aplicada para melhorar nossa saúde	48
Gráfico 12 - Porcentagem de Acertos da Questão 7.....	51
Gráfico 13 - Respostas citadas pelos alunos sobre o que fazer ao ser contaminado por radiação.....	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagens do vídeo abordando as características das ondas eletromagnéticas e sua presença/importância no mundo.	30
Figura 2 - Figura do vídeo abordando a história do catador de lixo que encontrou o “pó brilhante” (material radioativo).	34
Figura 3 - Imagens de objetos/substâncias que são radioativas, de acordo com o vídeo: banana, castanha do Pará, cerveja e vidro verde.	35
Figura 4 - Exemplo satisfatório do esquema das emissões das radiações alfa, beta e gama feito por um aluno.	49
Figura 5 - Exemplo de um esquema incompleto das emissões das radiações alfa, beta e gama feito por um aluno.	50
Figura 6 - Exemplo incorreto do esquema das emissões das radiações alfa, beta e gama feito por um aluno.	51

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	10
1. INTRODUÇÃO.....	10
1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	13
CAPÍTULO 2	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	14
2.2 RELAÇÕES CIÊNCIA TECNOLOGIA E SOCIEDADE E O ENSINO DA FÍSICA.	15
CAPÍTULO 3	17
3. METODOLOGIA.....	17
3.1 LOCAL DA INTERVENÇÃO.....	17
3.2 SUJEITOS DA PESQUISA	17
3.3 COLETA DE DADOS E ANÁLISE.....	17
CAPÍTULO 4	19
4. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	19
4.1 CONSTRUÇÃO.....	19
4.2 APRESENTAÇÃO.....	21
CAPÍTULO 5	23
5. RELATO DA INTERVENÇÃO REALIZADA PARA A APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.	23
5.1 QUESTIONÁRIO INICIAL: ANÁLISE DO CONHECIMENTO PRÉVIO DOS ALUNOS.....	23
5.2 PRIMEIRO MÓDULO: INTRODUÇÃO A RADIAÇÃO: CORRELACIONANDO O ESTUDO DA RADIAÇÃO E O COTIDIANO.	29
5.3 SEGUNDO MÓDULO: RADIOATIVIDADE.....	32
5.4 TERCEIRO MÓDULO: RAIOS-X, RADIOTERAPIA, EFEITOS DA RADIAÇÃO E REJEITOS RADIOATIVOS	38
5.5 QUARTO MÓDULO: VISITA TÉCNICA	41
5.6 QUESTIONÁRIO FINAL.....	43
CAPÍTULO 6	53
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERÊNCIAS	55
APÊNDICE A	60
APÊNDICE B.....	61
APÊNDICE C.....	62
APÊNDICE D	63

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

O ensino de Ciências em geral, e da Física em particular, deve ser capaz de fazer com que os alunos consigam interpretar o mundo desde um ponto de vista das Ciências, manejando conceitos, leis e teorias científicas, ao mesmo tempo em que deve identificar aspectos históricos, sociais e culturais (BRASIL, 2002).

O ensino da Física tem sido repetidamente realizado por meio de proposições científicas, que são apresentadas nas formas de definições, leis e princípios considerados como verdades, sem que haja uma maior problematização e sem um diálogo mais minucioso entre teorias e o mundo real. Nesse modelo de ensino, poucas são as oportunidades de se realizar investigações e de se argumentar acerca dos temas e fenômenos em estudo (OLIVEIRA, CARMO e MACIEL, 2015).

De acordo com o resultado do estudo de Munford e Lima (2007), os estudantes tem grande dificuldade, ou não conseguem correlacionar os conteúdos científicos com o cotidiano, construindo de tal forma representações inadequadas da Ciência.

A responsabilidade para que aconteça um aprendizado de qualidade no ensino médio que proporcione uma formação de jovens críticos e autônomos, com qualidade no ensino científico, não é só do professor, mas também é do órgão responsável para oferecer essa educação básica, tanto na rede pública quanto na rede privada. Pois quando um professor atua em uma escola cujo número de alunos ultrapassa o ideal, os recursos que são oferecidos não atendem a necessidade do seu trabalho e sua profissão não é devidamente valorizada, o profissional da educação fica impossibilitado de proporcionar aos seus alunos um ensino adequado de qualidade (ARAÚJO, BRAGA, KILLNER, 2015).

Por isso, é importante formar o professor para ser agente transformador, que seja capaz de desenvolver atividades pedagógicas favorecendo um processo de ensino e aprendizagem que estimule a curiosidade, argumentação e discussão dos conteúdos. Essas características permitem que o ensino não seja baseado na transmissão mecânica do conhecimento, mas por um processo de investigação, pois assim como afirmam Sasseron e Carvalho (2008) os alunos expressam suas curiosidades e considerações sobre o assunto explorado, além de compreender os conteúdos de forma coletiva.

A inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio é importante para a compreensão das novas tecnologias e também à crítica das questões atuais que envolvem ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Tal proposta é apresentada na Proposta Curricular Nacional (PCN).

“(...) a física deve apresentar-se como um conjunto de competências específicas que permita perceber como lidar com os fenômenos naturais e tecnologias, presentes no cotidiano, de forma contextualizada, em articulação com competências de outras áreas, de forma a mostrar que o conhecimento proporcionado por ela possa se transformar em uma ferramenta nas formas de pensar e agir (BRASIL, 2013).”

Nos últimos anos muitos pesquisadores da área de Ensino de Física vêm desenvolvendo pesquisas relacionadas à educação e à elaboração de material didático com diferentes enfoques metodológicos para a capacitação de professores com a finalidade de tornar o ensino de Física Moderna (FM) eficaz no Ensino Médio.

É possível perceber que ainda há uma predominância, na literatura, de apresentações simples de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (COLPO, FARIA e MACHADO 2015; JORDÃO E BARRIO 2015; PIRES, SILVA e SILVA 2015; SOUZA E MARTINS 2015). Entretanto, questões de novas metodologias de ensino vêm sendo incorporadas aos trabalhos. A abordagem de temas atuais de Física em revistas dirigidas a professores é uma contribuição importante para a atualização curricular (OSTERMANN e MOREIRA, 2001). Diante disso, ocorre a necessidade de investir na possibilidade de introduzir alguns desses tópicos no Ensino Médio, verificando resultados de aprendizagem em condições reais no dia-a-dia da sala de aula.

A Física das Radiações não é usualmente trabalhada dentro da Física no ensino médio juntamente com outros tópicos da FM (WESENDONK e TERRAZZAN, 2015). Um estudo feito por Renner e Krueger (2016), expõe que existe: *“(...) a insegurança dos professores em relação aos conteúdos, os quais são de difícil aplicação experimental e exigem abordagens diferenciadas no que diz respeito à didática do ensino”*.

As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) aponta o tema Matéria e Radiações a ser trabalhado no Ensino Médio, com as unidades temáticas: (1) Matéria e suas propriedades, (2) Radiações e suas interações, (3) Energia Nuclear e radioatividade e (4) Eletrônica e Informática. Os PCN+ também indicam, entre outras, as seguintes competências:

“(...) - 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 das tecnologias a elas associadas (radar, rádio, forno de microondas, tomografia etc.).

- Compreender os processos de interação das radiações com meios materiais para explicar os fenômenos envolvidos em, por exemplo, fotocélulas, emissão e transmissão de luz, telas de monitores, radiografias.

- Avaliar efeitos biológicos e ambientais do uso de radiações não ionizantes em situações do cotidiano.

- Avaliar os efeitos biológicos e ambientais, assim como medidas de proteção, da radioatividade e radiações ionizantes (BRASIL, 2006).”

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio em Brasil (2006), destinadas às disciplinas de Ciências da Natureza, e suas Tecnologias, aponta a necessidade de se rever práticas educativas no ensino do tema Matéria e Radiação, pois: *“(...) justifica-se pelo fato ele ter grande potencial para a inserção da Física moderna e contemporânea no ensino médio, e por estar fortemente ligado às tecnologias atuais; além disso, porque há pouco material didático que trate dessa temática”*.

Dentre as várias alternativas para o ensino do conteúdo de Física das Radiações há a possibilidade de se trabalhar as relações CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Isto implica em relacionar os conteúdos da ciência no contexto da sua base tecnológica e social, aproximando desta maneira a didática em sala de aula com o cotidiano, e ainda leva o aluno a refletir sobre o meio em que estão inseridos, as consequências dos usos de determinado conhecimento científico, e em como, e o quanto esta utilização interfere na sua própria vida (CUNHA, 2006). Isso também vem de encontro com os PCN's, já que ela indica que o aluno deve *“Conhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso em, por exemplo, usinas nucleares, indústria, agricultura ou medicina”*.

Assim sendo, ao se trabalhar com tema de radiações e unir ao CTS, pode promover ao aluno uma aprendizagem de forma eficiente, tornando-o um cidadão mais crítico e mais consciente na ciência. Pois proporciona para o aluno um contato com diferentes enfoques de estudo, desenvolvendo nele a habilidade de ser crítico indo de encontro com o que indica os PCN para o Ensino Médio (FREIRE, 2007).

Na área de radiologia, as radiações são aplicadas à realização de diagnóstico e ao tratamento de doenças. Nela, os conhecimentos de física são direcionados à medicina, nos procedimentos de radioterapia e de radiodiagnóstico, entre outros. Assim, o estudo

das radiações aplicado a estes procedimentos é uma forma de relacionar a teoria deste conteúdo com a prática. Ou seja, de trabalhar um conteúdo teórico articulado com suas relações CTS. No entanto, a abordagem da radiologia nem sempre é apresentada nos livros didáticos (por exemplo, alguns dos livros do Plano Nacional do Livro Didático - 2015-2017) para o ensino das radiações ou é apresentada de forma sucinta, simplesmente não aparece.

Como o autor, além de ministrar aulas de Física, também possui 18 anos de atuação na Física Médica, a escolha de se trabalhar com o conteúdo de Física das radiações foi fortemente direcionada devido ao fato que seu conhecimento adquirido nesta área pôde contribuir para a elaboração de um material que aborda a aplicação das radiações na área de radiologia, mais especificamente em diagnóstico por raios-x e radioterapia.

Por fim, o trabalho que será apresentado teve como objetivo principal desenvolver, aplicar e avaliar uma Sequência Didática (SD) destinada ao ensino de Física das radiações no Ensino Médio considerando as relações CTS deste conteúdo.

1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O Capítulo 1 tem como objetivo situar o leitor sobre o contexto da pesquisa em questão e as finalidades deste trabalho de mestrado.

Apresentamos no Capítulo 2, uma síntese da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) segundo Ausubel (2003). O capítulo apresenta, também, um breve relato das Relações Ciência Tecnologia e Sociedade e o Ensino da Física.

No Capítulo 3, exibimos os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa, descrevendo a investigação e os instrumentos de coleta de dados utilizados.

No Capítulo 4 apresenta o relato da aplicação da Sequência Didática e as análises de seus resultados.

Nos capítulos 5 e 6 apresentam-se as considerações finais referências utilizadas, respectivamente.

Os Apêndices apresentam os questionários utilizados durante a pesquisa e também a Sequência Didática gerada.

CAPÍTULO 2

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, primeiramente, é feita uma pequena descrição da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Posteriormente, são abordadas as relações Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e sua inserção no Ensino.

2.1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Surgindo na década de 60, a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) é uma teoria de aprendizagem cognitivista, cujo desenvolvimento teve início através do livro "*The Psychology of Meaningful Verbal Learning*", publicado em 1963 por David Ausubel, sendo atualizada em 2003.

A aprendizagem significativa envolve o aprendizado de novos significados a partir de materiais potencialmente significativos para os alunos/aprendizes. Estes materiais, de acordo com o autor, devem:

(1) estar relacionado de forma não arbitrária (plausível, sensível e não aleatória) e não literal com qualquer estrutura cognitiva apropriada e relevante (ex. que possui significado 'lógico') e,

(2) que a estrutura cognitiva particular do aprendiz contenha ideias ancoradas relevantes, com as quais se possa relacionar o novo material.

A interação destes dois itens colabora para que o resultado de aprendizado seja verdadeiro. Os seres humanos interpretam experiências perceptuais em termos de conceitos particulares nas suas estruturas cognitivas e que os conceitos constituem as bases tanto para a aprendizagem por recepção significativa de proposições declarativas, quanto para a criação de proposições significativas para a resolução de problemas.

Podem ser distinguidos três tipos de aprendizagem por recepção significativa:

- A aprendizagem representacional: a aprendizagem por memorização, ocorre sempre que o significado dos símbolos arbitrários se equipara aos referentes (objetos, acontecimentos, conceitos) e tem para o aprendiz o significado, seja ele qual for, que os referentes possuem.

- A aprendizagem significativa de proposições verbais: semelhante à aprendizagem representacional, na medida em que surgem novos significados depois de uma tarefa de aprendizagem potencialmente significativa se relacionar e interagir com ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva.
- A aprendizagem proposicional: pode ser subordinada (de subsunção), subordinante ou combinatória. A aprendizagem de subsunção ocorre quando uma proposição ‘logicamente’ significativa de uma determinada disciplina (plausível, mas não necessariamente válida em termos lógicos ou empíricos, no sentido filosófico) se relaciona de forma significativa com proposições subordinantes específicas na estrutura cognitiva do aluno.

A passagem da Aprendizagem Mecânica para a Aprendizagem Significativa não acontece de forma natural ou automática. Cabendo ao professor direcionar sua forma de atuação de forma que a aprendizagem em direção à parte significativa do contínuo, caso contrário o estudante irá esquecer o novo conceito facilmente.

2.2 RELAÇÕES CIÊNCIA TECNOLOGIA E SOCIEDADE E O ENSINO DA FÍSICA.

De acordo com Silva, Pessanha e Bouhid (2011):

“A abordagem CTS propõe uma integração harmônica entre conteúdos específicos e seus processos de produção, o que pode levar os alunos a construir o seu próprio conhecimento. Nessa perspectiva, a educação das ciências deve propiciar a compreensão do entorno da atividade científico-tecnológica, potencializando a participação de mais segmentos da sociedade civil, não apenas na avaliação dos impactos pós-produção, mas principalmente na definição do que se almeja em relação ao desenvolvimento científico-tecnológica.”

Ainda neste contexto, Krasilchik (2000) ressalta que:

“(...) A ciência e a tecnologia foram reconhecidas como essenciais no desenvolvimento econômico, cultural e social, o ensino das Ciências em todos os níveis foi também crescendo de importância, sendo objeto de inúmeros movimentos de transformação do ensino (...).”

Para todas as áreas da ciência e suas tecnologias, os objetivos educacionais devem combinar conhecimentos práticos voltados às necessidades da vida contemporânea, com conhecimentos mais amplos e específicos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão crítica do mundo. Cada disciplina em particular deve

promover competências e habilidades que tornem o educando capaz de intervenções e julgamentos práticos, o que caracteriza uma visão de educação voltada para a cidadania (ALMEIDA, 2008).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) indicam que o professor leve para a sala de aula discussões e reflexões sobre as relações que existem entre ciência, tecnologia e sociedade, fazendo desta uma forma de educação tecnológica, a qual não seria voltada para a elaboração de modelos, regras, classificações, gráficos, tabelas, exercícios, entre outros, mas para a compreensão da origem do uso desses modelos e regras para o conhecimento na sociedade atual (OLIVEIRA *et al.* 2014).

O ensino de Física preocupa-se em instruir o indivíduo para a vida, instrução essa que leva em consideração o mundo moderno e tecnológico em que vivemos, sendo uma das principais funções do trabalho docente a de contribuir para a formação de cidadãos conscientes, capazes de decidirem e principalmente atuarem no seu contexto social (ALMEIDA, 2008).

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGIA

3.1 LOCAL DA INTERVENÇÃO

A pesquisa foi realizada no Colégio Estadual Marilis Faria Pirotelli, situado em Cascavel PR, cuja rede de ensino é pública. A escolha deste local foi devido ao autor já ser professor letivo da instituição.

O Colégio Marilis, possui atualmente 1250 alunos, distribuídos em Ensino Fundamental e do Ensino Médio, possui laboratórios de Física, Química e de Informática onde os alunos tem oportunidades de pesquisarem.

3.2 SUJEITOS DA PESQUISA

A Sequência Didática (SD) foi aplicada aos 27 alunos de uma turma da 3º Série do Ensino Médio regular, do turno matutino, compreendidas entre 15 a 17 anos do Colégio Marilis Farias Pirotelli.

3.3 COLETA DE DADOS E ANÁLISE

Para a coleta de dados utilizou-se os seguintes instrumentos: questionários, relatório da visita técnica, exercícios e as observações do professor durante todas as atividades.

Durante a intervenção, o professor lançou diversas perguntas aos alunos sobre o conteúdo a ser trabalhado. Muitas vezes, as questões eram discutidas antes da apresentação do conteúdo e outras vezes posterior, a fim de gerar discussões sobre o tema e deste modo promover a participação dos alunos. Especialmente, antes e depois da aplicação da SD, foi proposto um questionário inicial e final. O questionário final possui as mesmas questões do questionário inicial, acrescido de mais algumas. Com o objetivo de comparar as mudanças de concepções dos alunos a cerca do conteúdo trabalhado.

As falas e reações dos alunos durante a intervenção, registradas pelo professor em seu diário de classe, e as respostas aos exercícios objetivos ao final de cada módulo também foram dados importantes para a análise dos resultados.

De posse dos dados coletados, utilizou-se neste trabalho um enfoque descritivo e interpretativo para a análise dos mesmos, denominado de Análise de Conteúdo, segundo Bardin (1977).

Segundo Oliveira (2008), a Análise de Conteúdo pode ser conceituada de diferentes formas, dependendo da vertente teórica e da intencionalidade do autor que a desenvolve. De acordo com Bardin (1977):

“A Análise de Conteúdo é: Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens.”

Ainda, Zabala (1998), menciona que a avaliação é um elemento-chave de todo processo de ensinar e aprender. Porém necessita certa atenção pois:

“...quando são homogeneizadoras, fechadas, rotineiras, a avaliação tem pouca margem para se transformar num fato habitual e cotidiano”.

Enquanto que as propostas abertas:

“favorecem a participação dos alunos e a possibilidade de observar, por parte dos professores, oferecem a oportunidade para uma avaliação que ajude a acompanhar todo o processo, portanto, assegurar a sua idoneidade”.

CAPÍTULO 4

4. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

4.1 CONSTRUÇÃO

Para que fosse possível alcançar os objetivos deste trabalho, foram elaboradas 10 aulas de 50 minutos cada, durante o período letivo de 2017. Sendo proposto um questionário inicial, atividades de revisão, uma visita técnica e para concluir o conteúdo, um questionário final.

No Quadro 1, apresenta-se uma sintetização da sequência didática em cinco módulos. Salientando que, para a análise do conhecimento prévio e do conhecimento final dos alunos, serão utilizados questionários que se encontram no Apêndice A e B, e o questionário da visita técnica no Apêndice C.

Quadro 1- Organização da Sequência Didática

SEQUÊNCIA DIDÁTICA: FÍSICA DAS RADIAÇÕES	
Público alvo: 3ª Série do Ensino Médio	Duração: 2 aulas por módulos Cada aula 50 min
MODULOS	CONTEÚDO
1	<ul style="list-style-type: none"> • Questionário Inicial • Espectro eletromagnético • Radiação
2	<ul style="list-style-type: none"> • Átomos • Radioatividade
3*	<ul style="list-style-type: none"> • História de Marie Curie • Raios-X • Radioterapia • Efeitos da Radiação • Rejeitos Radioativos
4	<ul style="list-style-type: none"> • Visita Técnica • Questionário da Visita Técnica
5**	<ul style="list-style-type: none"> • Questionário Final

*Módulo 3 foram utilizadas 3 aulas de 50 minutos cada

**Módulo 5 foi utilizada apenas 1 aula de 50 minutos.

4.2 APRESENTAÇÃO

A sequência didática foi desenvolvida de tal forma que possa contribuir com o professor para introduzir o tema de Física das radiações ao final do terceiro ano do Ensino Médio. Apresentamos, além de indicações de atividades, um conteúdo organizado que seja suficiente para abordar ao menos uma introdução do tema em sala de aula. No entanto, também nos preocupamos que não fosse muito extenso e que deste modo não comprometa o tempo destinado a outros assuntos pertencentes ao currículo.

A SD é composta por cinco módulos: 1 – Introdução à radiação, 2- Radioatividade, 3 – Radiações: história e aplicações, 4 – Visita técnica e 5 – Avaliação final.

O módulo 1 traz como assuntos principais os tipos de radiações em função de forma de ondas, a radiação eletromagnética e a corpuscular, e de sua interação com a matéria, a radiação ionizante e a não-ionizante. É iniciado com um questionário inicial que tem como objetivo identificar o conhecimento do aluno sobre o tema e também induzir uma discussão inicial sobre o mesmo. Um vídeo sobre as radiações eletromagnéticas e como as radiações estão presentes em nosso cotidiano também foi utilizado previamente à apresentação do conteúdo teórico.

O módulo 2 aborda as razões de um dado elemento ser considerado radioativo e dá destaque a tipos de radiações emitidas por núcleos radioativos: alfa, beta e gama. São utilizados três vídeos neste módulo. O primeiro e o segundo foram utilizados a fim de introduzir o tema, despertando o interesse do aluno e também trazendo informações desconhecidas por eles, como materiais radioativos em nosso cotidiano, e sobre como a radioatividade pode ser prejudicial e perigosa, abordando o caso do Césio 137, em Goiânia. O terceiro vídeo, foi utilizado como uma forma de atividade investigativa para que fosse possível uma atividade prática na qual os alunos poderiam identificar o poder de penetração (e energia) de alguns tipos de radiações.

O módulo 3 apresenta, em destaque, duas aplicações das radiações: raios-x, em diagnóstico, e a radioterapia. A história da ciência é trabalhada com o auxílio de dois vídeos. Um sobre a vida de Marie Curie e sua importância no estudo da radioatividade e o outro como aconteceu a descoberta dos raios-x pelo Físico Wilhelm Conrad Roentgen. Um terceiro vídeo é utilizado para auxiliar na explicação de como funciona a produção dos raios-x eletronicamente. A abordagem CTS continua neste módulo com outras

aplicações das radiações em nosso cotidiano e finaliza com uma discussão sobre a radioproteção um questionário final.

Todos estes três módulos trazem ao final a indicação de alguns exercícios a serem aplicados com os alunos.

Os últimos dois módulos são questionários propostos para avaliar a visita técnica ao centro de raios-x de um hospital próximo ao colégio e o conhecimento dos alunos a cerca do assunto radiação, de acordo com o que foi trabalhado na sala de aula com esta SD.

A sequência didática, além de propor um texto científico sobre o assunto e que pode ser utilizado em sala de aula pelos alunos, também apresenta algumas orientações ao professor sobre as possibilidades de como se trabalhar o conteúdo com os alunos. Estas indicações são destacadas em quadros cinzas ao longo do material. A Sequência Didática produzida apresenta-se no Apêndice D.

CAPÍTULO 5

5. RELATO DA INTERVENÇÃO REALIZADA PARA A APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.

É apresentado neste capítulo, o relato da aplicação da sequência didática (SD) sobre física das radiações, feito pelo professor regente, a 27 alunos do 3º ano do ensino médio, ao final do quarto bimestre letivo.

O relato é dividido em seis partes, sendo elas: (1) Análise do conhecimento prévio dos alunos, (2) Primeiro Módulo: Introdução a Radiação, (3) Segundo Módulo: Radioatividade (4) Terceiro Módulo: Radiações: história e aplicações, (5) Quarto Módulo: Visita Técnica, (6) Diagnóstico final.

Antes de se iniciar a aplicação, o professor esclareceu aos alunos quanto ao objetivo das atividades que seriam posteriormente desenvolvidas em sala de aula. Comunicou-os que seria aplicada uma sequência didática sobre radiações e que tanto a própria sequência quanto seu desenvolvimento em sala de aula seriam partes centrais da sua dissertação de mestrado.

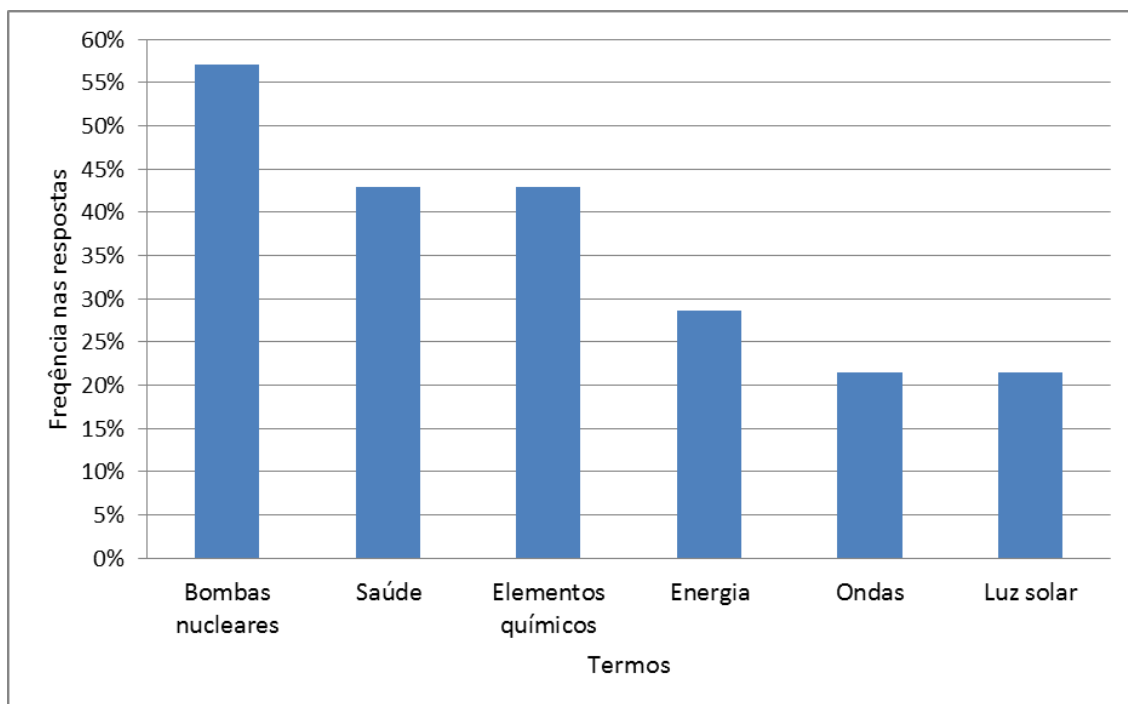
5.1 QUESTIONÁRIO INICIAL: ANÁLISE DO CONHECIMENTO PRÉVIO DOS ALUNOS

A primeira atividade foi aplicar um questionário diagnóstico inicial (Apêndice A) com o objetivo de investigar o conhecimento prévio dos alunos quanto ao assunto da SD. Os alunos puderam responder ao questionário em duplas, totalizando 13 duplas na sala de aula. Deste modo, eles puderam discutir com seus parceiros as respostas das respectivas questões.

Pergunta 1: O que vem a sua mente quando ouve a palavra radiação?

Pode-se observar o resultado por meio do Gráfico1, que exhibe número de vezes que cada tópico foi citado, sendo que cada dupla poderia expor mais de um desses termos em suas respostas.

Gráfico 1 – Frequência de citações, sobre o que vem à mente quando ouve a palavra “Radiação”, Questionário A.



Fonte: Autor (2018).

A maioria das respostas (58%) relacionaram a palavra radiação com atividades de *bombas nucleares*, alguns até citando o que aconteceu com Hiroshima, Nagasaki e a explosão em Chernobyl. Apesar deste último não ser um caso de bomba nuclear, o evento foi lembrado devido ao efeito devastador que causou.

Em segundo plano, as respostas mais citadas, com mesma frequência (43%), foram relacionadas com *saúde*, como quimioterapia e exames de raios-x, e os *elementos químicos*. Outros termos também citados, na faixa entre 21% e 29%, foram *energia*, *ondas* e *luz solar*.

Pergunta 2: O que é radiação?

As respostas foram muito diversificadas e foi observado que 85% dos alunos utilizaram a palavra energia para definir radiação.

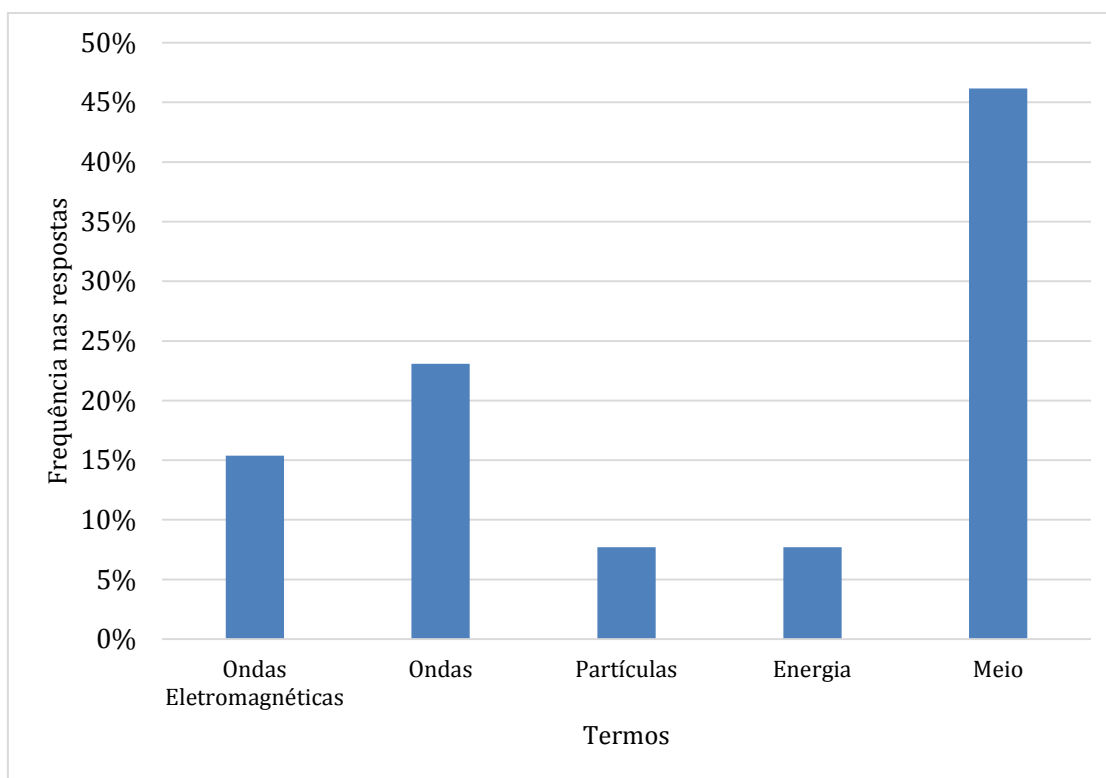
Algumas mais concisas como “*É uma forma de energia*” e outras mais completas como “*Radiação significa a propagação de energia de um ponto a outro do espaço ou um meio material*”.

Diante disto, concluímos que a relação da energia com a radiação era clara para eles. Este conhecimento prévio, segundo eles, se deu devido aos estudos anteriores na disciplina de Química.

Pergunta 3: Como a radiação se propaga?

No Gráfico 2, é apresentada a frequência com que alguns termos são utilizados nas respostas dos alunos.

Gráfico 2- Porcentagem das respostas dos alunos sobre como a Radiação se propaga, Questionário A.



Fonte: Autor (2018).

As respostas dadas pelos alunos foram diversificadas e a fim de analisar estas respostas, buscamos identificar os termos que mais frequentemente foram utilizados por eles para a definição.

O que mais foi priorizado pelos alunos em suas respostas foi o meio por onde a radiação pode se propagar, como o ar, que surgiu em 46% das respostas.

O termo *ondas* (apenas) e *ondas eletromagnética* surgiam 23% e 15% dos casos. Juntos, estes dois termos apareceram em 38% das respostas. Como exemplo, uma dupla

respondeu que “*Se propaga de um ponto a outro no espaço ou em um meio material, com uma certa velocidade, por meio de ondas eletromagnéticas ou partículas*”. Ela foi considerada a mais completa, pois menciona a forma da radiação, corpuscular e ondas eletromagnéticas, e também o meio em que se propaga, no espaço ou em meio material.

Um outro exemplo de resposta que menciona as ondas eletromagnéticas diz que “*Pode ser propagado por radiação ionizante (ondas eletromagnéticas) ou por não ionizante (não possui energia suficiente)*”. Esta resposta enfatiza o tipo de radiação em termos de interação com a matéria. Para esta dupla, as ondas eletromagnéticas são (sempre) radiação ionizante (a não ionizante não é definida). No entanto, esta definição está incorreta, pois uma radiação ionizante pode ser tanto eletromagnética quanto corpuscular. Ou seja, o poder de ionização não é definido pela sua forma de propagação.

Em apenas 8% dos casos as partículas foram mencionadas como forma de propagação de radiação.

A energia também surgiu em uma das repostas, mencionando que “*Se propagam com velocidade e energia elevada*”.

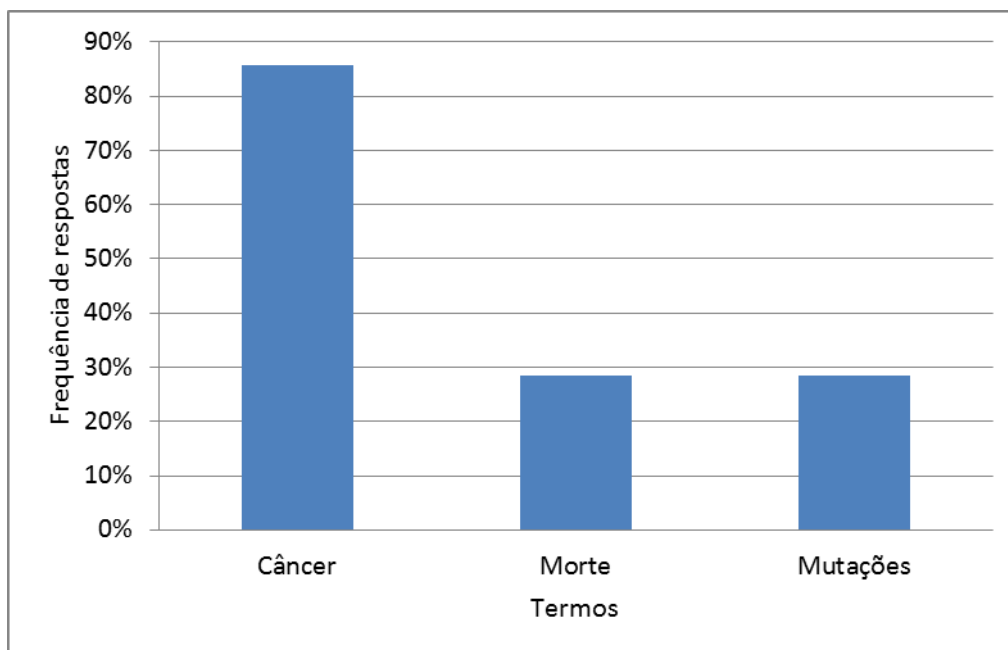
Os “produtos agrotóxicos” foram mencionados, de forma equivocada, em duas destas respostas e não estão inseridas no gráfico.

Diante do apresentado, se concluiu que os alunos, em sua grande maioria, não tinham total conhecimento correto de como a radiação se propaga e quais são as suas formas. No entanto, estes o surgimento destes termos indica que eles fazem algum tipo de relação entre

Pergunta 4: A radiação pode fazer mal ao nosso organismo? O que pode causar?

Todos os alunos responderam que “sim”, a radiação pode nos fazer mal. No Gráfico 3 é possível visualizar que foram utilizadas apenas três termos para justificar esta resposta, que foram *câncer*, em 85% dos casos, *morte* e *mutações*, ambos em 29% das respostas.

Gráfico 3 – Quantidade de vezes que foram citadas palavras sobre o que a radiação pode causar, Questionário A.



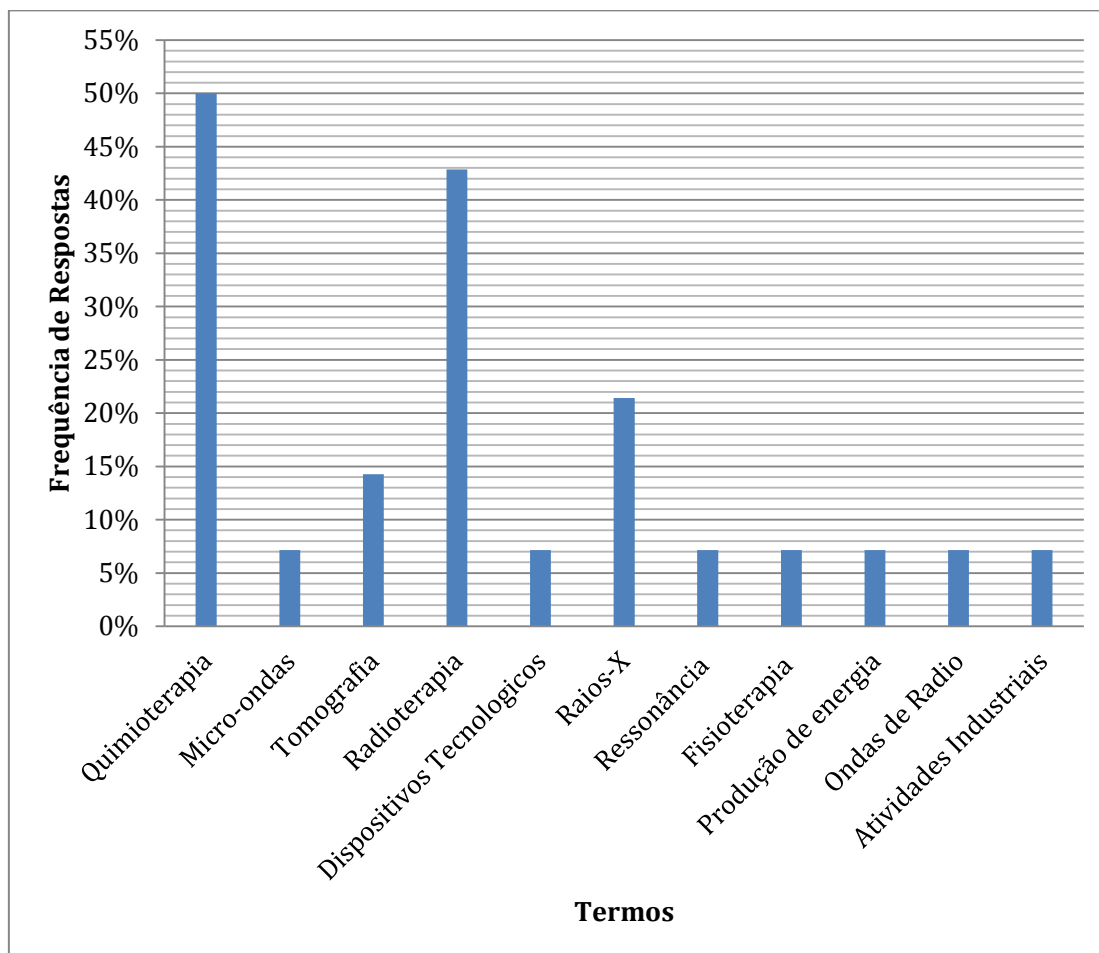
Fonte: Autor (2018).

Entre as respostas do que ela pode causar estão: *“sim, a radiação pode ser muito prejudicial ao organismo, podendo causar câncer, mutações a longo prazo ou até mesmo a morte”*, *“ sim, podendo ocasionar muitas doenças até mesmo câncer”* e *“Pode sim, depende da força de intensidade e do tempo exposto à mesma. Pode causar câncer, mutação genica e até mesmo morte”*.

Pergunta 5: A radiação pode ser utilizada para nosso benefício? Em que situações?

As respostas dadas pelos alunos foram organizadas no Gráfico 4, lembrando que cada dupla poderia citar mais de uma palavra.

Gráfico 4- Quantidade de vezes que foram citadas palavras sobre como usar a radiação a nosso benefício, Questionário A.



Fonte: Autor (2018).

Dentro das respostas, a quimioterapia foi a mais mencionada pelos alunos, com uma frequência de 50%, apesar de que este tipo de tratamento médico, de modo geral, não utiliza nenhum tipo de radiação, mas sim a drogas, injetáveis ou via oral. Radioterapia e raios-x aparecem em seguida em 43% e 21% das respostas, respectivamente. A menção aos raios-x são referentes ao exames de diagnósticos que utilizam esta radiação, o exame de radiografia, mas que comumente é denominado apenas utilizando o nome da radiação.

Alguns exemplos de respostas foram: “Sim, a radiação já é utilizada em atividades médicas e industriais, como: exames diagnósticos e radioterapia.”, “sim, como por exemplo, em radioterapia, quimioterapia e tomografia” e “sim, muito utilizada em quimioterapia para o tratamento de câncer”.

Mencionados apenas por uma dupla, surgiram os termos cotidianos como “aparelho de microondas”, “ondas de rádio” e “produção de energia (energia solar)” e outros vinculados à medicina, como “fisioterapia” e “ressonância magnética”. Consideramos corretas as alternativas, pois se sabe que na fisioterapia há a utilização da radiação infravermelha em tratamentos de dores e inflamações, e na ressonância magnética, de acordo com Amaro e Yamashita (2001), tem-se a interação do campo magnético produzido pelo aparelho com átomos de hidrogênio do tecido humano e este campo magnético está sempre associado a uma radiação eletromagnética. Cabe ressaltar, que em todos estes exemplos há sim envolvimento de algum tipo de radiação, no entanto, não são radiações ionizantes.

Conclusões sobre o questionário inicial

Com este questionário aplicado, foi possível concluir que os alunos possuíam conhecimento, principalmente relacionados ao conhecimento cotidiano, devido às situações familiares e notícias veiculadas na mídia.

Concluindo, para eles a radiação está relacionada, principalmente, com bombas nucleares, podendo causar câncer e morte, e também à saúde, com procedimentos de tratamentos de câncer e também diagnóstico.

É importante destacar que na disciplina de química, no segundo ano do ensino médio, os alunos já tiveram contato com parte do conteúdo de radiações. Onde geralmente é abordado passo a passo de como o elemento químico é configurado eletronicamente, e dentro do tema mostra-se a quantidade de energia e os elementos que pertencem as famílias radioativas.

Um estudo realizado por Medeiros e Lobato (2010) com alunos do terceiro ano do ensino médio público em 2008, apresentou que 45% dos alunos nunca tinham ouvido sobre radiação, ao se comparar com os resultados obtidos neste trabalho podemos chegar à conclusão de que interação fora da sala de aula, e o fácil acesso a informação nos dias atuais pode ter levado os alunos, em boa parte, a apresentarem respostas relacionadas ao contexto de radiação.

5.2 PRIMEIRO MÓDULO: INTRODUÇÃO A RADIAÇÃO: CORRELACIONANDO O ESTUDO DA RADIAÇÃO E O COTIDIANO.

Depois do questionário inicial, a aplicação da SD foi iniciada com um vídeo, disponível no YouTube Figura 1, com o título “Quer que eu desenhe? Espectro Eletromagnético”¹. A exibição deste vídeo teve como objetivo de, além de apresentar o tema ao aluno, de despertar o seu interesse para o assunto, já que este recurso explora a presença e importância deste tipo de radiação no cotidiano do qual eles fazem parte. Segundo Moreira (2011), um dos pré-requisitos para o indivíduo aprender é ele estar disposto a isto. Assim, apresentar o tema e sua importância antes da abordagem teórica e científica pode favorecer a uma pré-disposição do aluno em estudar o conteúdo.

Figura 1 - Imagens do vídeo abordando as características das ondas eletromagnéticas e sua presença/importância no mundo.



Fonte: Adaptada do vídeo pelo Autor (2018).

O vídeo se inicia com a interrogação: *Por que enxergamos as folhas das plantas verdes?* A partir de então, explica, utilizando figuras, que a planta recebe luz e absorve todas as cores menos a verde, e por isso é a cor refletida que chega aos nossos olhos. Também fala que tudo ao nosso redor reflete em uma determinada faixa de onda, que pode ser mensurada com um medidor de ondas e assim sabendo o comprimento de onda, sem ver, a pessoa poderá identificar o que está a sua frente, e desta forma os pesquisadores tentam descobrir o que tem no universo.

Após o vídeo o professor perguntou aos alunos quais eram as fontes e ondas eletromagnéticas gerando uma discussão entre os alunos. Eles acharam interessante a frequência da luz visível girar em torno de 400 a 700 nm, pois nunca haviam ouvido falar de comprimento de onda e frequência de luz, também não sabiam que nem todo

¹<https://www.youtube.com/watch?v=3po0Ek5aPKE>. Acesso em 02 de julho de 2017.

objeto absorve a luz e que existia uma quantidade de luz absorvida e refletida que por isso vemos as cores dessa forma. Acharam também o vídeo muito interessante, instrutivo e de fácil compreensão, pois era apresentado em forma de desenho. Devido a isso foi pedido para reproduzir o vídeo uma segunda vez.

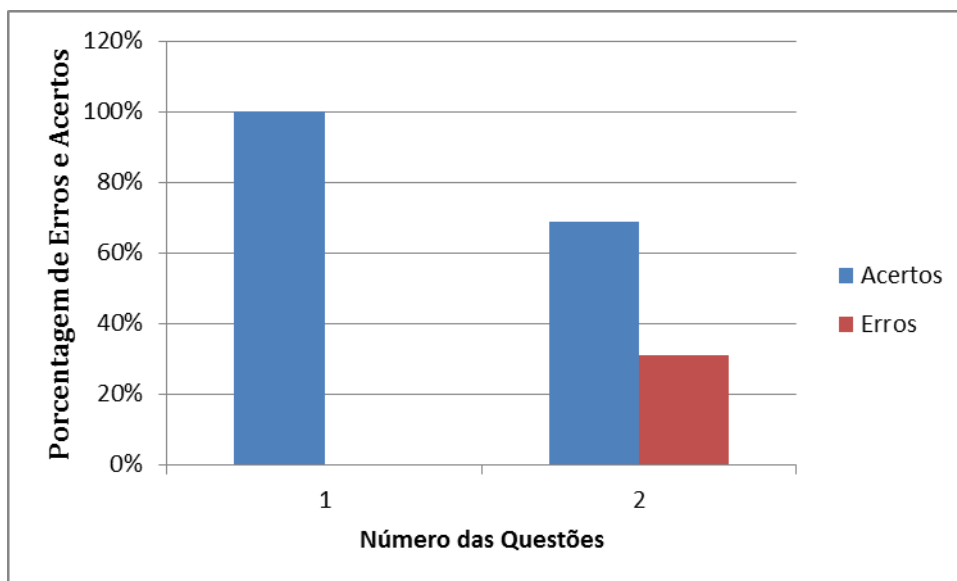
Posteriormente, o professor apresentou o conteúdo teórico sobre o tema utilizando, além do quadro e giz, o projetor multimídia. Abordou os conceitos básicos sobre ondas (uma revisão, pois este assunto é trabalhado no 3º ano do ensino médio) e discutiu a composição do espectro eletromagnético, dando exemplos de equipamentos que produziam determinados comprimentos de onda. Dentro deste assunto, surgiram por parte dos alunos, uma série de questionamentos. Por exemplo, se o forno de micro-ondas realmente contamina as pessoas e porquê nos postos de combustível não se pode usar o telefone celular. Se seria possível o celular através de uma ligação explodir o posto. Para estes questionamentos o professor respondeu que o micro-ondas não pode afetar as pessoas por serem ondas de curto alcance e elas estarem “presas” dentro do aparelho. O mesmo caso para a utilização de celular dentro dos postos de gasolina, ele recebe as ondas eletromagnéticas e não provoca ionização nos tubos de combustíveis.

Foi nesta aula que a definição de radiação, as formas de propagação da energia (ondas eletromagnéticas ou partículas) e a interação com a matéria (ionizantes ou não-ionizantes) foram apresentadas e discutidas com os alunos.

Ao final da aula, foram propostas questões aos alunos sobre alguns tópicos abordados deste módulo com o intuito de auxiliá-los a entender e fixar o conteúdo, além de tentarmos verificar se foi compreendido pelos alunos.

Os resultados dos exercícios finais aplicados no final da aula sobre radiação estão apresentados no Gráfico 5.

Gráfico5 - Resultados das questões conceituais do Módulo 1



Fonte: Autor (2018).

Nas questões, era pedido aos alunos que justificassem suas escolhas. O resultado foi:

- Na Questão 1, era pedido para que os alunos justificassem as opções erradas. Eles justificaram satisfatoriamente e demonstraram domínio sobre o conteúdo, que já havia sido explicado na sala. Explicando corretamente as alternativas falsas, que eram a II e a IV, entre as respostas estavam II. Nem toda onda eletromagnética faz mal ao nosso organismo. E na alternativa IV, explicaram que a radiação ionizante possui energia maior que a radiação não ionizante.
- Na Questão 2, que também pedia uma justificativa para as repostas erradas, a maior parte dos alunos conseguiram justificar corretamente, entre as respostas corretas mais citadas foram devido a maior energia e menor comprimento de onda. Alguns alunos não fizeram a justificativa com respostas completas e estas também não foram aceitas como correta.

Ao se analisar a quantidade de acertos das questões conceituais deste módulo, entende-se que houve um entendimento por parte dos alunos.

5.3 SEGUNDO MÓDULO: RADIOATIVIDADE

Este módulo da SD foi iniciado com o professor questionando aos alunos sobre os assuntos abordados na aula anterior para então iniciar a introdução do estudo da radioatividade. Posteriormente foram propostas três perguntas aos alunos sobre o tema.

Para o primeiro questionamento oral: “se eles já tinham ouvido falar de radioatividade, e em quais situações”, todos os alunos responderam que já tinham ouvido falar do assunto. Foram citados o caso do Césio-137 de Goiânia, usinas nucleares do Japão e Chernobyl. Questionados sobre como tinham estas informações, eles comentaram que já haviam visto um pouco sobre isto dentro dos conteúdos da disciplina de química.

A segunda questão foi se “a radiatividade poderia ser ruim para nós”. Quase todos responderam que sim, mencionando, por exemplo, que “*poderia ocasionar mutações no corpo e câncer*”. Alguns alunos apenas responderam “*sim, numa usina por exemplo.*” Não deixando totalmente compreendida a resposta.

E a questão de número três, “se a radioatividade pode ser boa para nós, se sim, em quais situações?”, a maior parte dos alunos respondeu que sim, todos esses associando aos tratamentos médicos como radioterapia, quimioterapia.

Observa-se ainda que para cada questionamento, ocorreu uma breve discussão entre os alunos na tentativa de um consenso. Sendo necessária a intervenção do professor, por meio de mais exemplos, para dar a “segurança” na resposta que poderia ser correta.

Além da função de diagnosticar o conhecimento prévio dos alunos, estas questões também tiveram o objetivo de despertar no aluno o interesse pelo assunto a ser discutido posteriormente e promovendo sua participação em sala de aula. Assim, resgatando seus conhecimentos sobre o tema ele pode estabelecer relações entre seu cotidiano e o conteúdo da sala de aula. Deste modo, favorecendo uma aprendizagem significativa.

Iniciando este módulo de radioatividade, foi utilizado vídeo 02, Figura 2, intitulado “Maior acidente radiológico do mundo, césio-137 completa 29 anos”². Este vídeo traz uma reportagem atual sobre a história do maior acidente radioativo que ocorreu no Brasil, mantendo várias pessoas, além de deixar outras dezenas contaminadas pela radiação e com possíveis sequelas de saúde, psicológicas e sociais.

²<https://www.youtube.com/watch?v=23Rz6ygxkAk>. Acesso em 02 de julho de 2017.

Figura 2 – Figura do vídeo abordando a história do catador de lixo que encontrou o “pó brilhante” (material radioativo).



Fonte: Adaptado do vídeo pelo autor.

Em seguida, ao fazer os comentários sobre este vídeo, os alunos informaram que já tinham ouvido falar do Césio só que não tinham real conhecimento de como o acidente ocorreu, e qual repercussão que ocorreu naquela época.

Devido ao vídeo, os alunos perceberam e comentaram a falta do conhecimento da população e a falta de iniciativa por parte dos órgãos públicos para sanar o problema, ambos os casos podem ser devido à falta de conhecimento por parte deles sobre a radioatividade e pela falta de recursos adequados para o grau da ocorrência.

Consideramos que este vídeo é um recurso possível para se trabalhar a relação Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS) da radioatividade, mesmo que seja sobre seu “lado negativo”. Ele mostra o quanto aquelas pessoas foram atingidas, não apenas no aspecto da saúde ou perda de entes queridos, mas socialmente e psicologicamente, pelo medo das possíveis consequências e o isolamento do resto da sociedade. Como se trata de uma catástrofe que ocorreu no Brasil, acreditamos que é imprescindível levar este tema à sala de aula, mostrando o quanto se deve ter cuidados ao se tratar deste tipo de radiação e como pode ocorrer próximo de nós e não apenas em países distantes, como foi o caso de Chernobyl e a bomba de Hiroshima e Nagasaki, frequentemente abordados pela mídia.

Ao fim das discussões deste vídeo 02, o professor apresentou um terceiro vídeo intitulado “Atenção! Descubra 13 coisas do seu dia-a-dia que são radioativas”³, (Figura 3) que também fala da radioatividade que está presente no dia-a-dia, mas que nem sempre é prejudicial a nossa saúde.

Figura 3 - Imagens de objetos/substâncias que são radioativas, de acordo com o vídeo: banana, castanha do Pará, cerveja e vidro verde.



Fonte: Bancos de imagens gratuitas⁴

O vídeo, representado na Figura 3, mostra como a radioatividade, em pequena quantidade, está presente em “coisas” próximas a nós. Abordando alguns exemplos, temos a banana, contendo radônio e potássio-40, a castanha do Brasil, contendo rádio, a cerveja, também contendo potássio-40, e alguns tipos de vidros verdes antigos, possuindo o urânio em sua composição.

Após o vídeo o professor fez os questionamentos Vocês têm contato com estas “coisas”? Vocês já sabiam disso, que estas coisas são radioativas? E as repostas foram que eles tinham contato, porém todos os alunos não sabiam que, por exemplo, alguns alimentos poderiam ser radioativos.

Esse vídeo, assim como o anterior, pareceu-nos cumprir seu papel ao trazer novas informações aos alunos e, principalmente, abordar a relação CTS da

³ <https://www.youtube.com/watch?v=c9pstmjky4&t=4s>

⁴ <https://pixabay.com/> e <https://pt.freeimages.com/>

radioatividade. Desta forma, a radioatividade é desmistificada como sendo algo muito distante do nosso cotidiano.

Assim como disse o vídeo, o professor deixou claro para os alunos que a quantidade de elemento radioativos nestes tipos de comidas/objetos eram muito pequenos e não haveria o risco de as pessoas, em contato, terem algum tipo de efeito colateral.

O professor continuou a aula com a abordagem teórica do que seria a radioatividade e como alguns elementos, denominado radioativos, poderiam irradiar energia em forma de ondas eletromagnéticas ou partículas.

Antes de discutir as energias das radiações e o poder de penetração, o professor utilizou o vídeo 4⁵ “Alfa e beta: dois tipos de radiação” para trabalhar o tema com os alunos.

No vídeo, um medidor de radiação é utilizado para indicar a presença de radiação alfa e beta. Obstáculos de papel e alumínio são colocados entre a fonte de partículas alfa e beta e o medidor, de tal modo que pode se verificar se essas partículas atravessam ou não esses obstáculos. Assim, pode-se avaliar o poder de penetração das partículas. Após a primeira vez que o vídeo foi passado, o professor fez alguns questionamentos e os alunos respondendo oralmente o que tinham entendido:

1. Com a fonte de partículas alfa, quando é colocada uma folha de papel entre a fonte e o medidor, o valor de radiação medida mudou (mudou a frequência dos apitos)? O que observou? Porque será que isso ocorreu?

2. Com a fonte de partículas beta, quando é colocada uma folha de papel entre a fonte e o medidor, o valor de radiação medida mudou (mudou a frequência dos apitos)? O que observou? Porque será que isso ocorreu?

3. Com a fonte de partículas beta, quando é colocada uma placa de alumínio fina entre a fonte e o medidor, o valor de radiação medida mudou (mudou a frequência dos apitos)? O que observou? Porque será que isso ocorreu?

4. Com a fonte de partículas beta, quando é colocada uma placa de alumínio espessa entre a fonte e o medidor, o valor de radiação medida mudou (mudou a frequência dos apitos)? O que observou? Porque será que isso ocorreu?

⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=NOW0yGgvMmI>. Acesso em 02 de julho de 2017.

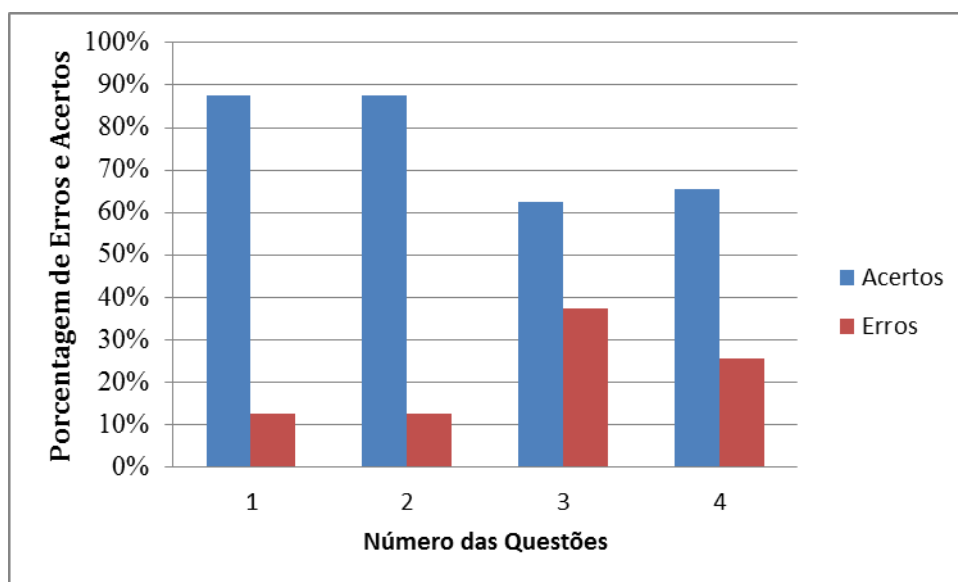
Os alunos foram respondendo de acordo com que cada pergunta era feita. Primeiramente todos eles acertaram que a partícula alfa é mais “fraca”, tendo menor poder de penetração e assim é barrada pela folha de papel. Já sobre a partícula beta, notaram que tem maior poder de penetração. Esses dois pontos sendo notados pelo som do apito.

É importante lembrar que os alunos não tiveram nenhuma explicação prévia sobre o poder de penetração dessas partículas, apenas foi mencionado pelo professor que elas eram um tipo de radiação, a corpuscular. Assim, com este resultado, podemos acreditar que o vídeo pôde cumprir seu papel como um meio facilitador de aprendizagem para o estudo destas partículas. Consideramos que o vídeo foi de fundamental importância para o aprendizado dos alunos neste conteúdo.

E então, o professor seguiu a discussão apresentando as devidas explicações sobre radiações alfa, beta e gama, em relação às suas energias e poder de penetração.

Neste modulo também foram feitas questões objetivas sobre o conteúdo nele abordado. As questões realizadas foram todas de múltipla escolha sobre o conteúdo de átomos, e podem ser observadas a quantidade de acertos e erros no Gráfico 6:

Gráfico 6 - Resultados das questões conceituais do módulo 2.



Fonte: Autor (2018).

É possível de se observar que mesmo com o conteúdo aplicado ainda houve alguns erros por parte dos alunos. Mas do ponto de vista do professor, esse resultado foi aceitável perante a aplicação do conteúdo.

5.4 TERCEIRO MÓDULO: RAIOS-X, RADIOTERAPIA, EFEITOS DA RADIAÇÃO E REJEITOS RADIOATIVOS

O terceiro módulo foi iniciado, com uma explicação teórica sobre o decaimento radioativo, falando sobre decaimento alfa, beta e gama. Logo em seguida foi passado o vídeo⁶ 5 “O gênio de Marie Curie - Shohini Ghose”. O professor depois do vídeo interagiu com os estudantes sobre o vídeo falou como o casal Curie foi importante na descoberta da radioatividade e a grande importância da Marie Curie como cientista mulher e como única pessoa a ganhar dois prêmios Nobel em duas áreas diferentes: Física e Química.

Para dar sequência ao próximo conteúdo e despertar um interesse inicial dos alunos. As questões desta parte do módulo foram referentes aos Raios-X. Sendo a primeira questão se os raios x podem ser nocivos ao ser humano, tendo como a maioria das respostas “não” com a justificativa de por ser usados para prevenir doenças e problemas de saúde. E uma dupla de alunos respondeu “sim”, mas justificando-se que for usada por muito tempo ou em grande quantidade.

A segunda pergunta é se existe alguma coisa que pode proteger o ser humano dos raios x? E foi obtido como resposta sim de todos os alunos, e acrescentado que o colete de chumbo poderia impedir os raios x.

A terceira pergunta é por que os seres humanos precisam de proteção contra os raios x? Todas as respostas também foram associadas com o uso de proteção para evitar problemas à saúde, danos e queimaduras ao corpo humano.

O professor considerou significativo fazer estas questões, pois a importância em associar um conteúdo de Física com a sua aplicação no cotidiano é defendida nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) (BRASIL, 2002).

⁶https://www.youtube.com/watch?v=w6JFRi0Qm_s

De acordo com os PCN's, é necessário que o estudante compreenda de forma conceitual os fenômenos tecnológicos atuais para ser capaz de interpretar e lidar com as situações do dia-a-dia.

Pois já dizia Gaspar (2011), *“...por meio da colaboração com o professor, os alunos começam a aprender. O domínio do conteúdo só se dá quando eles adquirirem ou construirão uma estrutura mental que lhes possibilite esse domínio, o que demanda tempo e esforço dos próprios alunos.”*

Logo em seguida das questões, foi passado o vídeo⁷ 6 “Ondas Eletromagnéticas – parte 3”. Após ter conversado com os alunos sobre a descoberta acidental dos raios-X e sobre o tipo de radiação que é emitida neste tipo de exame foi feito o questionamento oral:

Os raios-x atravessam os ossos? Porque conseguimos visualizar as estruturas ósseas com um exame de raios-x? Vocês sabem como este processo ocorre?

Curiosamente, nenhum aluno sabia essas respostas, então o professor seguiu para a explicação teórica deste conteúdo. Explicando que os raios-x não atravessam os ossos, devido a isso conseguimos visualizar as estruturas ósseas com um filme radiográfico. O processo ocorre com a emissão de um fóton de luz que vai queimar no filme de brometo de prata, e onde esta localizado o “osso” não queima, pois o osso bloqueia a luz do fóton.

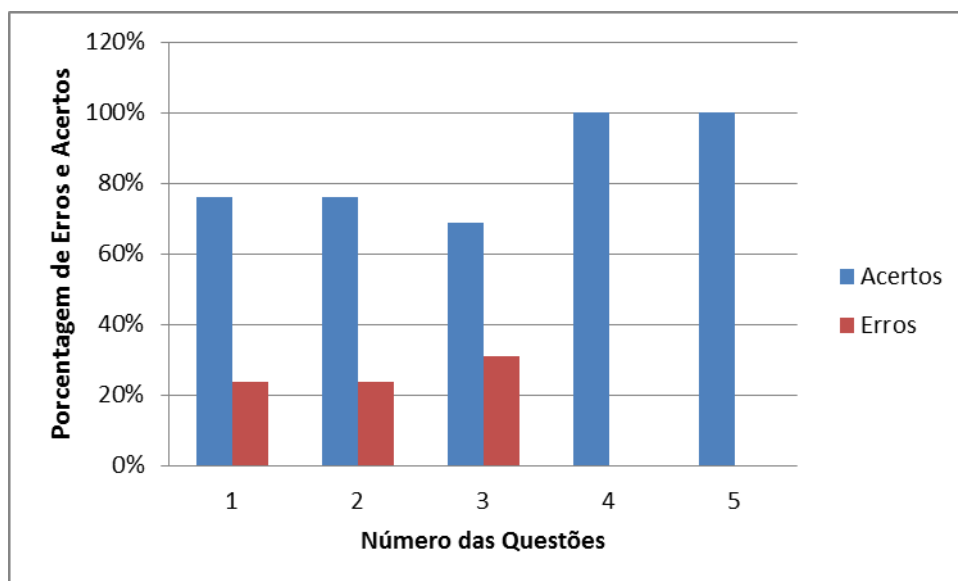
Por causa deste assunto é apresentado o vídeo⁸ 7 “PRODUÇÃO DOS RAIOS-X [Parte1] Componentes e Funcionamento da Ampola Geradora de raios-x”, que mostra como os aparelhos de raios-x produzem a radiação.

Igual aos outros módulos, este também teve questões finais sobre o conteúdo abordado que foi raios-x. Foram ao total cinco questões, sendo três de múltipla escolha, que podem ser observadas as respostas no Gráfico 7, e duas dissertativas que estarão apresentadas a seguir.

⁷ https://www.youtube.com/watch?v=9qNzGxR_Z4U. Acesso em 02 de julho de 2017.

⁸ https://www.youtube.com/watch?v=D_M4BXy_Bzw. Acesso em 02 de julho de 2017.

Gráfico 7 - Respostas das questões do módulo 3.



Fonte: Autor (2018).

As questões 1, 2 e 3 eram questões de múltipla escolha, enquanto a 4 e 5 descritivas.

A questão 4 perguntava o que significava dizer que determinado elemento químico era radioativo. Todos os alunos acertaram, e dentre as respostas era que *“quando ele emite radiação que corresponde a ondas eletromagnéticas que interagem com a matéria produzindo diversos efeitos”* e *“são elementos químicos que emitem radiação alfa, beta e gama”*.

E a questão 5, se os raios- x podem danificar os tecidos humanos, o que justifica a sua utilização em diagnóstico médico. Dentre as respostas estavam *“porque ele é o único que pode ver a estrutura óssea do corpo humano”* e *“porque apesar de danificar os tecidos humanos e ser um tratamento agressivo, as vezes pode ser a única opção para diagnosticar alguma fratura”*.

Com esses resultados, foi possível perceber que a maior parte dos alunos soube interpretar os enunciados dos problemas e utilizar o conhecimento adquirido em sala para responder as questões. Os alunos que cometeram erros precisam de maior atenção, ou até mesmo sejam necessárias mais explicações sobre o assunto para que estes obtenham melhor compreensão.

O desenvolvimento de problemas em Física requer tempo e dedicação. Durante aplicação da Sequência Didática, os exercícios que foram pedidos tiveram como objetivo fazer com que o aluno, ao compreender a resolução do problema, pudesse associar o conteúdo do trabalho em sala de aula às estruturas de pensamento com o

cotidiano, para que com o tempo, se tivesse condições efetivamente capazes de resolver problemas do tipo proposto.

5.5 QUARTO MÓDULO: VISITA TÉCNICA

Para a visita técnica, em uma sala de imagem diagnóstica de um hospital, foram selecionados quatro alunos, a intenção era que fossem todos os alunos, mas por restrição do hospital foram quatro pessoas mais o professor.

Os alunos que participaram da visita foram escolhidos devido ao desempenho acadêmico dentro da matéria de Física durante este ano letivo. Para os estes alunos foi solicitado ao final da visita que fosse feito um relatório da visita técnica. A seguir apresentam-se as respostas do relatório de visita técnica.

A primeira pergunta que era qual o objetivo da visita? Os alunos responderam:

- *Aprofundar os conhecimentos em radiação, observar o funcionamento do aparelho de raios x e visualizar uma sala de radiologia.*
- *Observar o funcionamento de aparelho de raios-x e o modo como são operado os aparelhos, como a tomografia.*
- *Visualizar o funcionamento de aparelhos de raios-x e etc.*
- *Conhecer mais sobre aparelhos de raios-x e ressonância para aprimorar conhecimento sobre a radiação.*

Com esta pergunta o professor teve por objetivo saber se os alunos entendiam o “porque” eles estavam fazendo aquela atividade, sem que fosse apresentado motivo inicial. Os objetivos que os alunos descreveram estão dentro dos objetivos do professor ao levá-los para esta experiência, que foi para que eles tivessem uma noção real do que era uma sala de radiologia, vissem os equipamentos funcionando e como ele emitia radiação de acordo com o que foi apresentado em sala de aula.

Que também é onde entra a segunda pergunta “quais pontos observados durante a visita técnica foram vistos em sala de aula?” foi respondida:

- *Parte interna de comando dos aparelhos de tomografia e ressonância.*
- *Modo como aparelho funciona e emissão de raios.*
- *Os equipamentos e como é uma sala e os aparelhos, além da técnica e composição de cada um. Os cuidados necessários também foram observados.*

- *Observar a sala de raio-x e a execução de seu exame observando imagem computadorizadas e com detalhes nos exames.*

É possível perceber de acordo com o relato dos alunos, que houve uma conexão com os assuntos abordados em sala de aula, e o mais importante, que os alunos conseguiram fazer essa conexão entre a realidade e o que foi passado em sala de aula teoricamente.

A terceira pergunta “A visita técnica colaborou com o seu conhecimento? Como?”.

- *Sim aprendi como é feito um raio-x e a visualização da sala, com o paciente sendo feito um exame.*
- *Sim, auxiliou no entendimento de radiação e radiologia em geral, assim como dos exames observados.*
- *Sim, pois é possível analisar o funcionamento dos aparelhos.*
- *Mostrar como é o estado bruto destes exames e como são feitos, vendo como e por que cada coisa esta onde esta.*

A quarta pergunta pedia uma conclusão sobre a visita técnica e foi mencionado pelos alunos:

- *Foi bem interessante, todos estes aparelhos e entender seu funcionamento. Gostei bastante.*
- *Apresentou ótimo conteúdo sobre os raios x, radiação e a máquina em si.*
- *A visita foi bem interessante e apreciada para maior entendimento do aluno, concluindo de um modo positivo.*
- *A visita foi boa para conseguir ter uma ideia do raio x e exame detalhado.*

No geral, os alunos relacionaram que o trabalho de um técnico em radiologia é sempre um aprendizado, pois cada exame tem o seu diferencial, pois cada paciente aparece com um problema diferente.

Além disso, os alunos que participaram da visita puderam fazer questionamentos para os técnicos de radiologia e médicos que estavam presentes no local. Posteriormente em sala de aula, essas informações foram transmitidas aos que não participaram pelos próprios alunos que realizaram a visita.

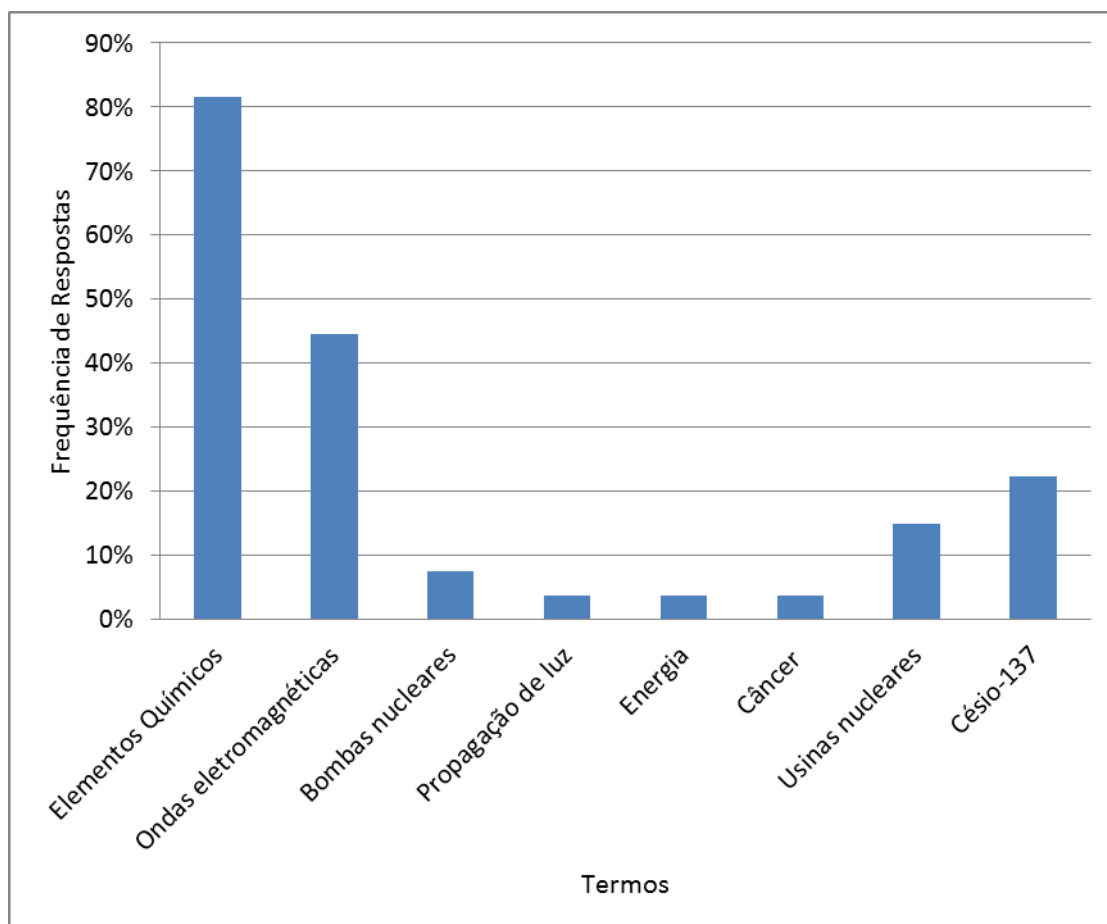
5.6 QUESTIONÁRIO FINAL

O diagnóstico final consistiu de sete questões, sendo as cinco primeiras questões deste questionário idênticas as do questionário inicial. Diferente do diagnóstico inicial que foi feito em duplas, o diagnóstico final foi respondido individualmente pelos alunos para se observar alguma mudança de concepção dos estudantes sobre o tema trabalhado na SD.

Pergunta 1: O que vem a sua mente quando ouve a palavra radiação?

As respostas podem ser visualizadas pelo Gráfico 8.

Gráfico 8 - O que vem a mente quando ouve a palavra: Radiação, Questionário B.



Fonte: Autor (2018).

Em comparação com os resultados iniciais, no Gráfico1, há citações de mais quatro termos: *ondas eletromagnéticas*, *propagação da luz*, *câncer* e *Césio-137*. Os

termos *onda* e *saúde* estão ausentes nestes dados, antes mencionados no questionário inicial.

Elementos químicos, que antes surgiram em 43% das respostas agora surgiram em 81% dos casos. Esta relação se deve ao fato do estudo da radioatividade de alguns elementos químicos desde a disciplina de Química no ano anterior.

Também vemos que o termo *propagação da luz* surgiu apenas no questionário final, talvez substituindo o temos *luz solar*.

No caso do termo *ondas*, consideramos que ele foi substituído por *ondas eletromagnéticas*, sendo que nos dados finais é mais frequente que nos dados iniciais.

No Gráfico 1 temos que o termo *ondas* surgiu em 21% das respostas e no Gráfico 8 temos que *ondas eletromagnéticas* são mencionadas em 44% das respostas. Deste modo, nota-se que posterior à aplicação da SD, uma maior parte dos alunos vinculou as ondas eletromagnéticas como um tipo de radiação e, além do mais, se apropriou da denominação mais completa e correta, na substituição do termo *ondas* por *ondas eletromagnéticas*.

A menção do *Césio-137* se destacou por surgir pela primeira vez. Isto, provavelmente, foi devido à atividade realizada com o vídeo e a discussão sobre o acidente que ocorreu em Goiânia.

Bombas nucleares, que antes era o termo mais relacionado com a radiação, agora surgiu em apenas 8% das respostas. Este era, provavelmente, um conhecimento da prática cotidiana dos alunos. Agora, possivelmente, substituído por termos relacionados ao contexto da SD trabalhada.

Ainda, dois alunos não souberam responder coerentemente respondendo “*rádio*” e “*fios elétricos, pois a corrente elétrica que possui é muito forte*”, e outro aluno deixou esta questão em branco.

Diante destes dados, observou-se que houve uma mudança significativa por parte dos alunos nas relações atribuídas à radiação. Alguns termos foram substituídos por outros, mas principalmente, os três termos mais frequentes estão diretamente vinculados ao conteúdo trabalhado na SD.

Pergunta 2: O que é radiação?

Os alunos, em 88% de suas respostas, mencionaram o termo *energia* para responder a tal pergunta. Consideramos que esta frequência praticamente não se alterou

quando comparamos com os dados do questionário inicial, que foi de 85%. Como se trata de uma frequência bem alta, entendemos que dificilmente o valor iria modificar consideravelmente.

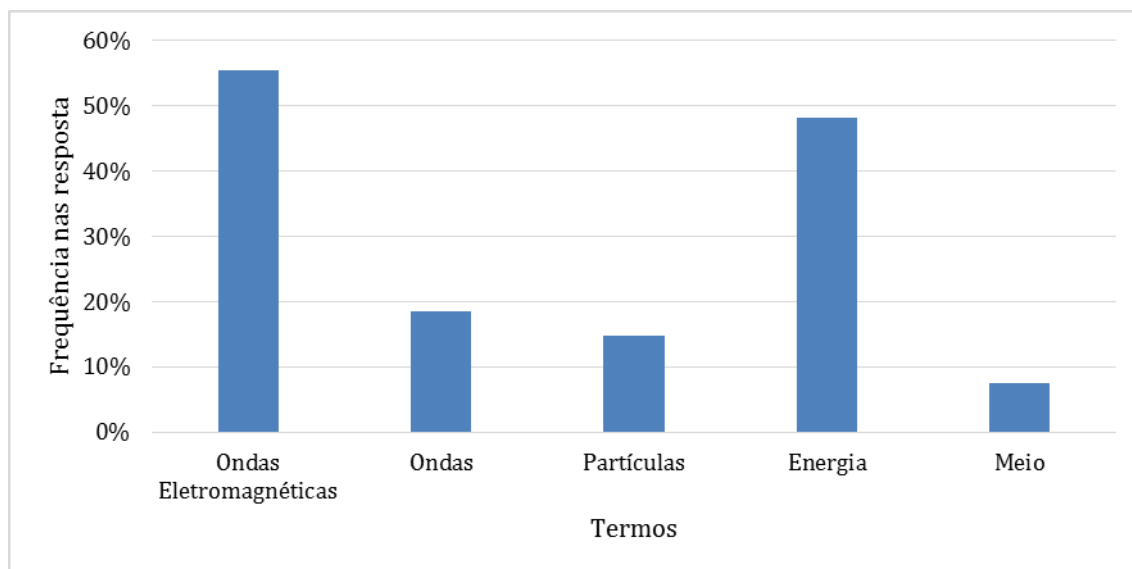
Aqui também notamos uma diversidade de respostas, umas mais e outras menos completas, como, por exemplo, “*Uma forma de energia transmitida através do ar*”, “*Emissão de energia por meio ou ondas e partículas*” e “*Propagação de energia de um ponto a outro*”.

O importante, independente do momento do questionário, é que isto mostra que a definição de energia, como uma energia em trânsito, é uma concepção clara para os alunos.

Pergunta 3: Como a radiação se propaga?

O Gráfico 9 mostra a frequência com que alguns termos foram utilizados pelos alunos com o intuito de definir a propagação da radiação após a intervenção realizada.

Gráfico 9 – Frequência dos termos encontrados nas respostas dos alunos sobre a pergunta 3.



Fonte: Autor (2018).

As *ondas eletromagnéticas*, como meio de propagação da radiação, foram mencionadas em 56% das respostas e ondas em 19%. Já no questionário inicial, *ondas eletromagnéticas* foram verificadas em apenas 15% das respostas e *ondas* em 23%. Neste questionário final, os dois termos corresponderam a 74% das respostas. Assim,

ondas/ondas eletromagnéticas tiveram quase o dobro da frequência do questionário inicial, que foi de 38%. E, deste modo, nota-se também que *ondas eletromagnéticas*, um termo mais completo e correto, se sobressaiu sobre o termo *ondas*, mais incompleto.

Os termos *energia* e *partículas* aumentaram sua frequência em relação ao questionário inicial. *Energia* foi mencionada em 48% dos casos (no questionário inicial foi de 8%) e *partículas* em 15% (8% no questionário inicial).

O meio de propagação da radiação teve uma frequência menor ao final da intervenção. Foi 7% no questionário final e 48% no questionário inicial. Aqui, o vácuo foi mencionado em uma resposta, o que não havia acontecido anteriormente. Isto nos indica que talvez este seria um ponto no qual se poderia ter trabalhado mais o tema.

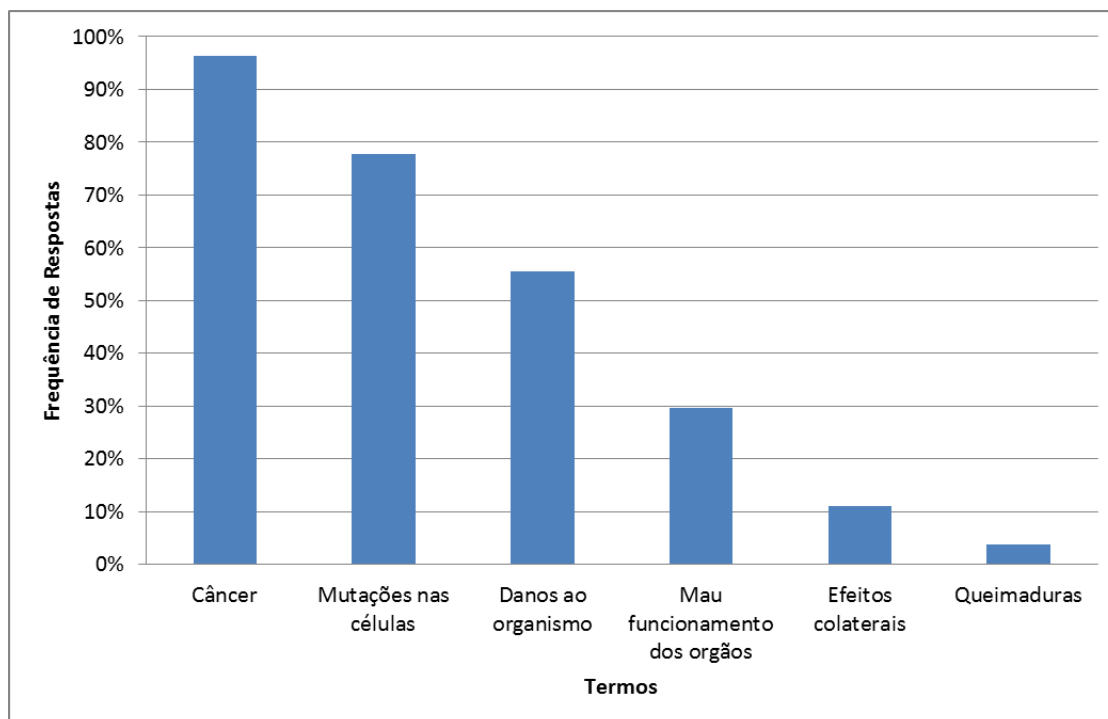
Outros pontos constatados foram que apenas uma resposta não utilizou nenhum destes termos e foi considerada inapropriada. O termo *contaminação*, curiosamente, foi utilizado em quase um terço das respostas como uma forma de propagação da radiação. Acredita-se que o termo foi bastante utilizado devido a apresentação do vídeo sobre o Césio-137 e a discussão posterior.

Comparando os dois questionários, notamos muitas mudanças entre as repostas antes e depois da intervenção. Se analisarmos, principalmente, a frequência dos termos *ondas/ondas eletromagnéticas* e *partículas*, acreditamos que há uma possível indicação que os alunos se apropriaram de uma definição mais completa de como a radiação se propaga. Nota-se também que *energia* e radiação estão mais interligadas na concepção deles, pois esta se trata de uma forma de emissão de energia.

Pergunta 4: A radiação pode fazer mal ao nosso organismo? O que pode causar?

Esta pergunta foi respondida pelos alunos, pois todos associaram com problemas relacionados à saúde como, por exemplo, o câncer. Podemos ver as respostas no Gráfico 10.

Gráfico 10 - Respostas citadas pelos alunos sobre o que a radiação pode causar ao nosso organismo.



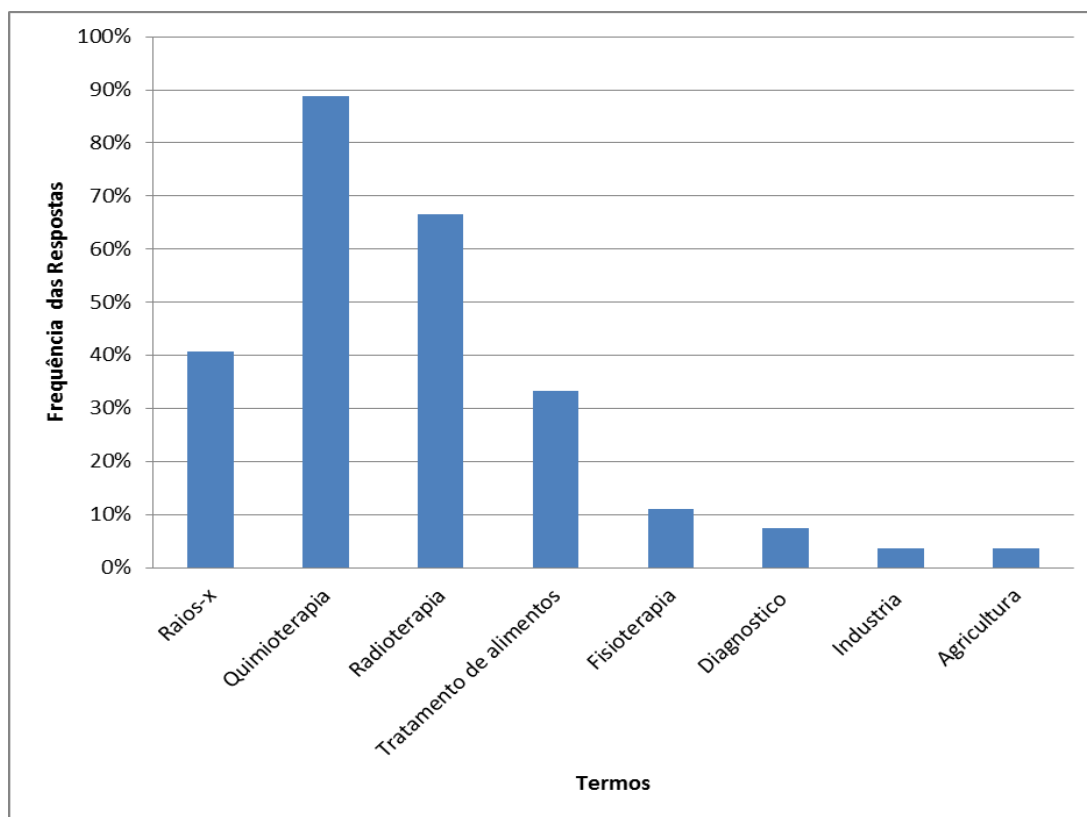
Fonte: Autor (2018).

Quando esta pergunta foi feita antes da aplicação da SD, todos os alunos responderam que a radiação poderia fazer mal ao nosso organismo. No entanto, as únicas palavras utilizadas foram *câncer*, *mutações* e *morte*. Já posteriormente à SD notamos uma mudança clara no padrão de respostas. As respostas são muito mais diversificadas e específicas. Por exemplo, antes havia o uso do termo *mutação*, com quase 30% de frequência. Agora, já está mais claro qual o tipo de mutação, a *mutação das células*, que surge em quase 80%. O termo *queimaduras* aparece pela primeira vez aqui. Estas observações demonstram que possivelmente os levantamentos e discussões promovidos pelo professor, principalmente no módulo 3 da SD, em se tratando da radioatividade, contribuiu para modificar o conhecimento dos alunos quanto aos perigos da radiação.

Pergunta 5: A radiação pode ser utilizada para nos auxiliar em alguma situação ou aplicada a nossa saúde?

Todos os alunos responderam que a radiação poderia ser utilizada para nos auxiliar em nos ;;;sa saúde, como vemos no Gráfico 11.

Gráfico 11 - Respostas citadas pelos alunos sobre o que a radiação pode ser utilizada para nos auxiliar em alguma situação ou aplicada para melhorar nossa saúde



Fonte: Autor (2018).

Esta questão foi respondida por todos os alunos, todos citando mais de uma aplicação para a radiação, sendo os tratamentos quimioterapia e radioterapia, os mais citados novamente, como pode ser observado no exemplo: *em muitos casos eles usam a radiação para conter a doença do câncer, no caso são radioterapia e quimioterapia*. Também foi muito citado o uso da radiação nos procedimentos com alimentos e raios-x, e erroneamente foi citada nos tratamentos de fisioterapia.

A quimioterapia e a radioaterapia foram antes mencionadas em 50% e 43% das respostas, respectivamente. Agora, apresentam-se em 89% e 66% delas. Novamente a quimioterapia surgiu e com maior frequência. Diante disto, pode-se afirmar que provavelmente faltou durante a aplicação de uma breve abordagem do professor sobre a quimioterapia, apesar de não fazer parte do conteúdo, para expor a eles que este tipo de tratamento não envolve nenhum tipo de radiação.

Os *raios-x* surgiram em 41% das repostas, quase o dobro dos 21% no questionário inicial. *Diagnóstico* foi mencionado em 8%. No entanto, pode ter relação

também com os raios-x, pois o professor abordou a aplicação desta radiação em radiografias.

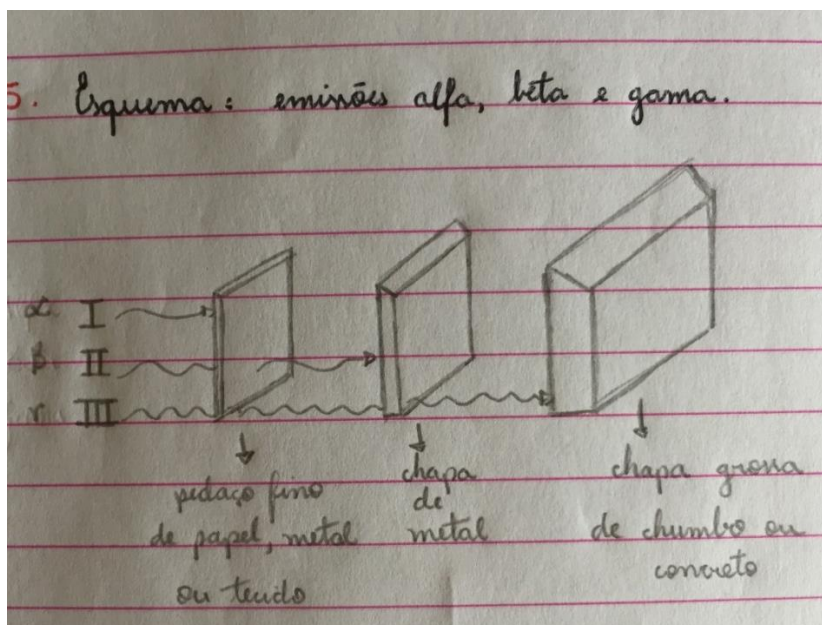
Tratamento de alimentos surgiu pela primeira vez. Possivelmente, porque este foi um tema debatido em sala de aula.

Esta questão no questionário inicial obteve muitas respostas não apropriadas, no total de 30% das respostas, após a explicação das aulas e dos vídeos apresentados pode-se observar que teve uma evolução e coerência das respostas, que para o professor significa que houve um entendimento do assunto abordado.

Pergunta 6: Desenhe o esquema de emissão de radiação alfa, beta e gama.

Esta atividade foi proposta para os alunos abordarem como as radiações possuem diferentes poderes de penetração devido a suas energias. Alguns exemplos de esquemas desenhados pelos alunos podem ser vistos nas Figuras 4, 5 e 6.

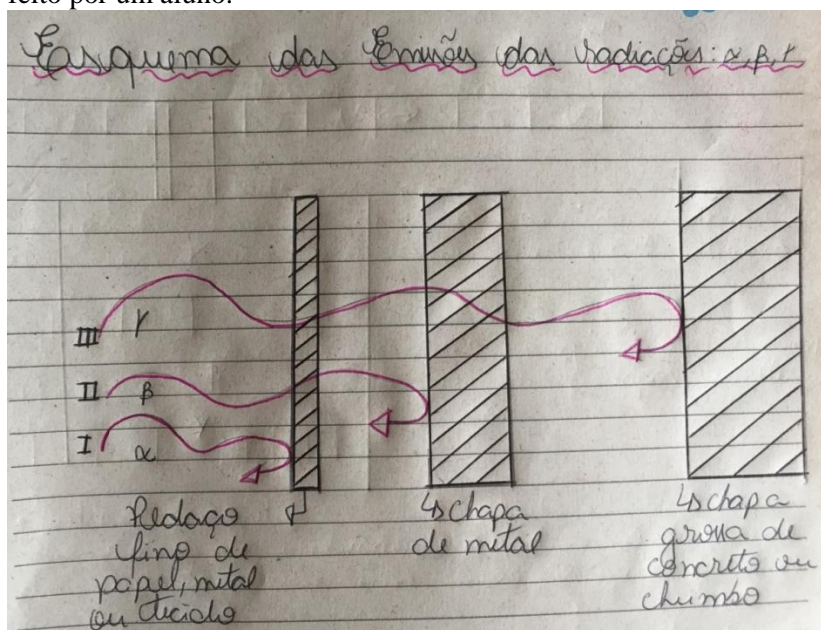
Figura 4 - Exemplo satisfatório do esquema das emissões das radiações alfa, beta e gama feito por um aluno.



Fonte: Aluno 1

Neste desenho apresentado, primeiro o aluno detalhou e demonstrou corretamente que tinha conhecimento sobre os tipos de radiações e com o nível de intensidade de cada radiação.

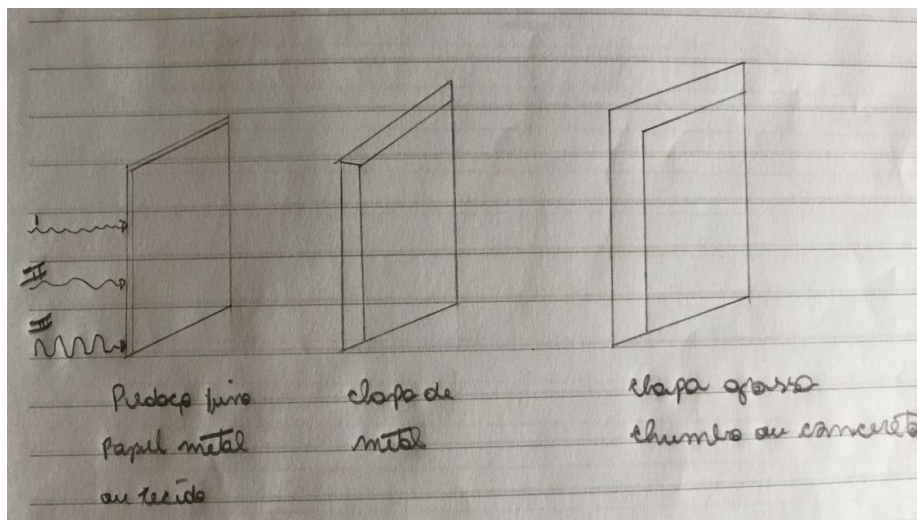
Figura 5 - Exemplo de um esquema incompleto das emissões das radiações alfa, beta e gama feito por um aluno.



Fonte: Aluno 2.

Este segundo desenho, foi considerado pelo professor incompleto devido ao fato da radiação estar com uma flecha indicando que ao ela incidir na placa ela retornasse/refletisse. O que acontece na realidade é que a radiação alfa não tem intensidade de penetração suficiente para ultrapassar uma folha de papel, ou seja, ela é barrada no primeiro obstáculo (folha de papel), mas isso não significa que ela tem poder para refletir e voltar. Acontece quase a mesma coisa com a radiação beta, ela tem maior poder de penetração que alfa conseguindo chegar próximo a velocidade da luz, ultrapassando a folha de papel, mas sendo barrada na chapa de metal, e ela é mais fraca que a radiação gama, que tem alto poder de penetração conseguindo ultrapassar a chapa de metal, sendo bloqueado na chapa de chumbo, concreto e madeira.

Figura 6 - Exemplo incorreto do esquema das emissões das radiações alfa, beta e gama feito por um aluno.

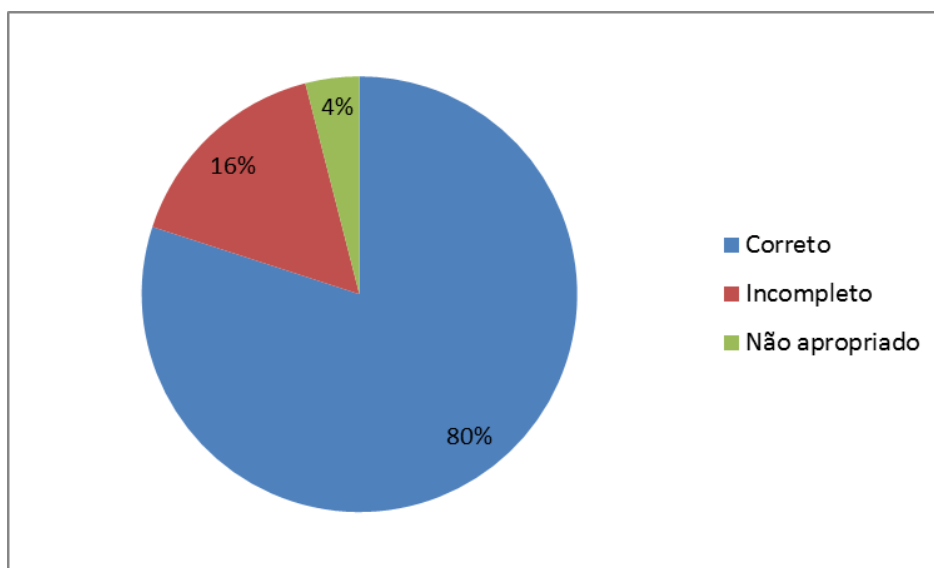


Fonte: Aluno 3.

O terceiro desenho foi considerado incorreto, pois faz parecer que todas as radiações possuem a mesma intensidade de penetração sendo barradas por um pedaço fino de papel ou tecido. Sendo já explicado na Figura 3, como é realmente cada intensidade de onda.

Consideramos que, de modo geral, a atividade foi realizada satisfatoriamente pelos alunos. Podendo ser observado no Gráfico 12, a quantidade de acertos, incompletos e desenhos não apropriados.

Gráfico 12 - Porcentagem de Acertos da Questão 7

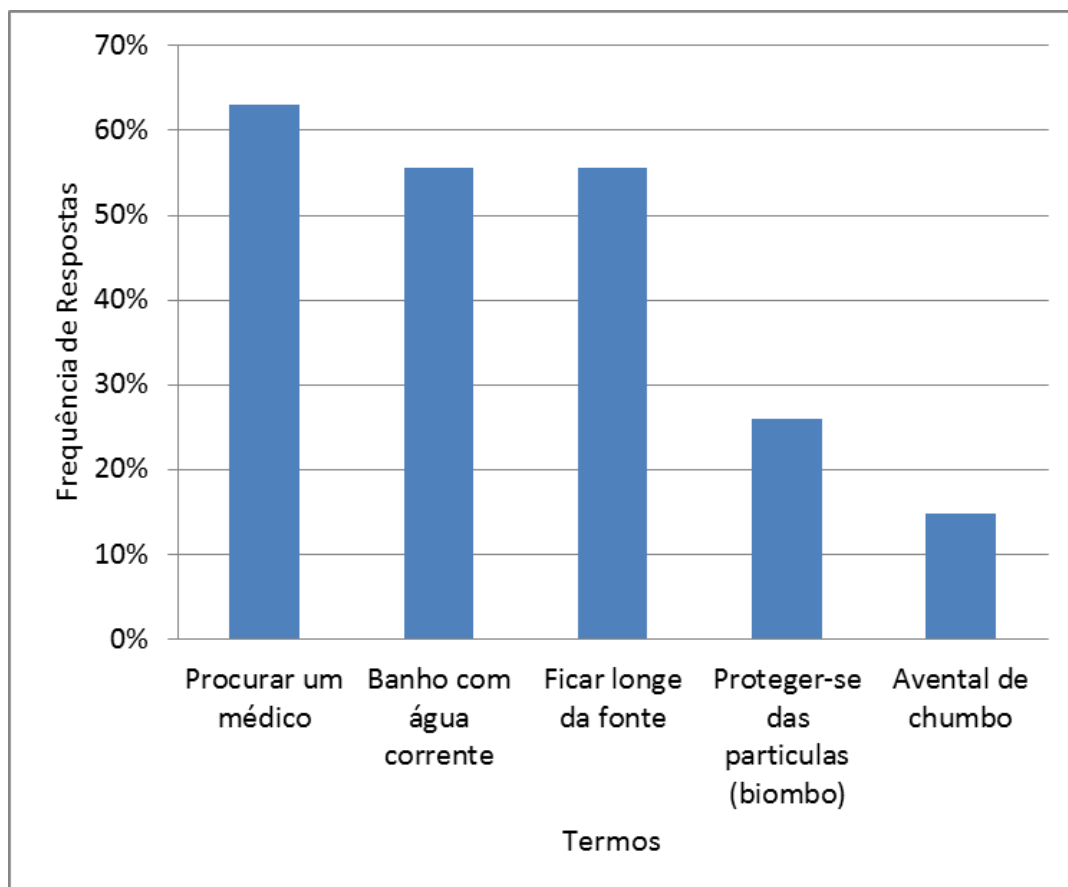


Fonte: Autor (2018).

Pergunta 7: Qual o procedimento de uma pessoa ao ser contaminada por radiação?

As repostas dadas pelos alunos foram quantificadas e apresentadas no Gráfico 13, a seguir. Foram contadas todas as vezes que alguma resposta foi citada, ou seja, o mesmo aluno pode ter citado mais de uma alternativa.

Gráfico 13 - Respostas citadas pelos alunos sobre o que fazer ao ser contaminado por radiação.



Fonte: Autor (2018).

Pode-se observar que os alunos usaram o conhecimento passado em sala de aula para responder esta questão, sendo todas as respostas satisfatórias com o conteúdo passado.

CAPÍTULO 6

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi produzido com o objetivo de aplicar e avaliar uma Sequência Didática (SD) destinada ao ensino de Física das radiações no Ensino Médio

Primeiramente foi realizada por meio de um questionário para verificar qual o grau de entendimento dos alunos perante o assunto que seria abordado, neste caso, sobre radiologia. Neste procedimento verificamos que os estudantes apresentavam, pouco ou nenhum conhecimento sobre o assunto. Ressaltando que o conhecimento prévio que eles possuíam era o conhecimento popular devido a suas relações sociais.

Para cada módulo apresentado em seu final foram realizados questionários de exercícios pertinentes ao conteúdo exposto. Nestas análises, tentamos identificar como o aluno conseguia compreender o conteúdo e se a abordagem mais dinâmica faria com que ele compreendesse melhor o conteúdo. E ao longo do estudo, foi se revelando o conhecimento gradativo dos conceitos trabalhados e os alunos mostraram-se capazes de aplicá-los na solução dos exercícios.

Os resultados dos questionários mostraram que os alunos tiveram modificações nas concepções relativas à radiação quando comparados antes e depois da aplicação da SD.

Os questionamentos levantados pelo professor ao longo de toda a intervenção possibilitaram momentos de discussão em grupos e com a turma toda, onde todos tentaram interagir e mostrar o que tinham aprendido, despertando maior interesse por parte dos alunos no estudo do conteúdo abordado na SD. Deste modo, o aluno passa de mero “espectador” da aula e passa a ser um sujeito ativo no seu processo de aprendizagem.

Além disto, pode-se notar durante toda aplicação da SD que após a apresentação de um vídeo havia maior envolvimento dos alunos durante a discussão sobre um conteúdo, do que quando apenas apresentado teoricamente, ou seja, de uma forma geral após um vídeo todos os alunos tentavam responder. Na atualidade, a tecnologia faz parte da realidade dos alunos e professores, e pode trazer para dentro da sala de aula, no processo de ensino-aprendizagem, inúmeros benefícios. Ao se aliar a tecnologia às novas metodologias e assemelhar com a realidade social do aluno tornamos o processo

de aprendizado mais eficiente, transformando as informações trazidas de casa pelos alunos em conhecimento.

Acreditamos que a aprendizagem de qualquer conteúdo é um procedimento longo e que apenas começa quando é exposto, e é mais bem compreendido quando o professor consegue alcançar a pré-disposição dos alunos para o seu entendimento. Com a aplicação Sequência Didática proposta foi possível perceber o sucesso ao introduzir de forma significativa os conceitos pertinentes a Física das radiações ionizantes utilizando os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa.

E para a nossa surpresa um dos alunos que participou da visita técnica decidiu tornar-se um profissional de imagem diagnóstica, e esta hoje frequentando o curso de Técnico em Radiologia.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, V. N.; **O Ensino de Química com Enfoque Ciências, Tecnologia e Sociedade na Educação de Jovens e Adultos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Luterana do Brasil – Canoas, 2008.

AMARO, E. J., YAMASHITA, H. **Aspectos Básicos de Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética**. Revista Brasileira de Psiquiatria. Vol.23, São Paulo, 2001.

ARAÚJO, F. G., BRAGA A. S. B., KILLNER, G. I., **O Conceito De Luz No Ensino Médio: Uma Revisão Bibliográfica**. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC. São Paulo: Águas de Lindóia, 2015.

ARTUSO, A. R., WRUBLEWSKI, M., **Física**. Vol. 3, 1ª ed., Curitiba, Editora Positivo, 2013.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimento: Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução ao português de Lígia Teopisto, do original *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*, 2003.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BISCUOLA, G. J., BOAS, N. V., DOCA, R. H., **Física**. Vol. 3, 2ª ed., São Paulo, Editora Saraiva, 2013.

BONJORNO, J. R., *et al.* **Física – Eletromagnetismo e Física Moderna**. São Paulo, FTD. - Vol. 1, 2ª Ed., 2013.

BRASIL, Secretaria de Educação Básica: **Orientações Curriculares Para o Ensino Médio Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf> Acesso em: 04 de maio de 2018.

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN+**Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 22 de jan de 2017

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN+ **Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2013. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>.> Acesso em: 22 de jan de 2017.

CINEGRAFISTA, T. **Maior acidente radiológico do mundo**, césio-137 completa 29 anos. 2016. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=23Rz6ygxkAk>> Acesso em 31 de maio de 2018.

COLPO, R. A., FARIA, A. U., MACHADO, A. F., **O ensino de física no ensino médio intermediado por programação em linguagem Python**. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC. São Paulo: Águas de Lindóia, 2015.

CUNHA, M. B.; **O Movimento Ciência/Tecnologia/ Sociedade (CTS) E O Ensino De Ciências: Condicionantes Estruturais**. Revista Varia Scientia Vol. 06, n. 12, p. 121-134, 2006.

FERRARO, N. G., TORRES, C. M. A., PENTEADO, P. C. N., **Física**, São Paulo, Ed. Moderna, 2013.

FILHO, A. G., TOSCANO, C., **Física – Interação e Tecnologia**. Vol. 3, 1ª ed., São Paulo, Editora Leya, 2013.

FREIRE, L. I. F. **Pensamento Crítico, Enfoque Educacional CTS E O Ensino De Química**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis 2007.

JORDÃO, G. R., BARRIO, J. B. M., **Experimentação no ensino de Física: o plano inclinado numa perspectiva do laboratório divergente**. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC. São Paulo: Águas de Lindóia, 2015.

KRASILCHIK, M. **Reformas e Realidade: o caso do Ensino de Ciências**. São Paulo em perspectiva. São Paulo, Vol. 14, n. 1, 2000.

MAXIMO, A. R., ALVARENGA, B., **Física – Ensino médio**. Vol3, 1ª ed., São Paulo, Editora Scipione, 2013.

MEDEIROS, M. A., LOBATO, A. C. **Contextualizando a Abordagem de Radiações no Ensino da Química**. Rev. Ensaio, Vol.12 , n.03 Belo Horizonte, 2010.

MOREIRA, M. A. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas - UEPS**, 2011. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em: 18 de jan 2017.

MUNFORD, D.; LIMA, M. C.C. **Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?** Ensino Pesquisa Educação Ciências (Belo Horizonte) vol.9 nº.1, Belo Horizonte Jan./Junho 2007.

OLIVEIRA C. F.*et al.* **Sequência Didática: Radioatividade No Ensino De Química Com Enfoque CTS**. IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, Ponta Grossa 2014.

OLIVEIRA, C. D. **Análise de Conteúdo Temático-Categorial: Uma proposta de sistematização**. Revista Enfermagem Uerj, Rio de Janeiro, v. 16, n. 4, p. 569-76, 2008.

OLIVEIRA, S. G. S., CARMO, H. M. S., MACIEL, A. M. E. **Alfabetização Científica E Tratamento De Água: Uma Proposta De Ensino De Ciências Por Investigação.** X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC. São Paulo: Águas de Lindóia, 2015.

OSTERMANN, F., MOREIRA, M. A., **Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo da problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores.** VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Santa Catarina: Florianópolis, 2001.

PIETROCOLA, M. et al. Física em contextos, vol. 3, 1ª ed. São Paulo, Editora do Brasil, 2016.

PIRES, F. F., SILVA, J. A., SILVA, P. R., **Estética e simetria no ensino de física: uma proposta para o ensino de mecânica.** X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC. São Paulo: Águas de Lindóia, 2015.

RENNER, G. L. P., KRUEGER, L., **Física Moderna e Contemporânea No Ensino Médio: Um estudo acerca dos fatores que interferem na aplicação dos conceitos relacionados em sala de aula.** V Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia – V SINECT. Paraná: Ponta Grossa, 2016.

ROLKOUSKI, E. **Tecnologias no ensino de matemática.** Curitiba: Ibpx, 2011.

SANT'ANNA, B., *et. al*, **Conexões com a Física.** Vol. 3, 1ª ed., São Paulo, Editora Moderna, 2013.

SASSERON, L.H. e CARVALHO, A.M.P. **Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. Investigações em Ensino de Ciências.** vol. 16, 2011.

SILVA, C. X.FILHO, B. B., **Física: aula por aula.** Vol. 3, 2ª ed., São Paulo, Editora FTD, 2013.

SILVA, F. L.; PESSANHA, P. R.; BOUHID, R. **Abordagem do Tema Controverso Radioatividade/Energia Nuclear em Sala de Aula no Ensino Médio – Um Estudo de Caso.** VIII Enpec. IFRJ e IECD – SEEDUC, 2011.

SOUZA, F. A. M., MARTINS, S.; **Uma proposta de ensino de Física utilizando a elaboração de vídeos experimentos.** X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC. São Paulo: Águas de Lindóia, 2015.

TORRES, C. M. A., *et al.*, **Física: Ciência e Tecnologia.** Vol. 3, 3ª ed., São Paulo, Editora Moderna, 2013.

WESENDONK, F. S., TERRAZZAN, E. A., **Fatores para a baixa frequência de utilização de experimentações por professores de Física do Ensino Médio.** X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC. São Paulo: Águas de Lindóia, 2015.

YAMAMOTO, K., FUKU, L. F., **Física: para o ensino médio.** Vol. 3, 4ª ed. São Paulo, Editora Saraiva, 2017.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar.** Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda., 1998.

APÊNDICE A**QUESTIONÁRIO INICIAL(A)**

1. O que vem à sua mente quando houve esta palavra: **RADIAÇÃO**

2. O que é radiação?

3. Como se propaga?

4. A radiação pode fazer mal ao nosso organismo? O que pode causar?

5. A radiação pode utilizada para nosso benefício? Em que situações?

APÊNDICE B**QUESTIONÁRIO FINAL (B)**

1. O que vem à sua mente quando ouve esta palavra: **RADIAÇÃO**

2. O que é radiação?

3. Como se propaga?

4. A radiação pode fazer mal ao nosso organismo? O que pode causar?

5. A radiação pode ser utilizada para o nos auxiliar em alguma situação ou aplicada para melhorar nossa saúde? Em que situações?

6. Desenhe o esquema de emissão de radiação alfa, beta e gama.

7. Qual o procedimento de uma pessoa ao ser contaminada por radiação?

APÊNDICE C**RELATÓRIO VISITA TÉCNICA**

Nome da Instituição:

Alunos:

Turma:

Data da Visita:

Nome do Professor:

1. Objetivo da visita?

2. Quais pontos observados durante a visita técnica foram vistos em sala de aula?

3. A visita técnica colaborou para o seu conhecimento? Como?

4. Conclusão sobre a visita técnica.

APÊNDICE D: PRODUTO EDUCACIONAL

PRODUTO EDUCACIONAL

UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA FÍSICA DAS RADIAÇÕES IONIZANTES
COM ÊNFASE EM RADIOLOGIA

VALÉRIO ULIANO
ROSELI CONSTANTINO SCHWERZ

Campo Mourão
2018



VALÉRIO ULIANO

PRODUTO EDUCACIONAL

UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA FÍSICA DAS RADIAÇÕES IONIZANTES
COM ÊNFASE EM RADIOLOGIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física – Polo 32, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Dr.^a Roseli Constantino Schwerz

CAMPO MOURÃO
2018

Introdução

Visando contribuir para sanar as dificuldades de se trabalhar o conteúdo de Física das radiações e suas aplicações no ensino médio, neste trabalho foi desenvolvida uma sequência didática de tal conteúdo. Há uma grande divergência entre os livros didáticos de quais conteúdos serem abordados dentro desse tema. Alguns deles, nem ao menos apresentam este assunto.

Almejamos desenvolver esta Sequência Didática (SD) de tal forma que possa contribuir com o professor para introduzir o tema de Física das radiações ao final do terceiro ano do Ensino Médio. Apresentamos, além de indicações de atividades, um conteúdo organizado que seja suficiente para abordar ao menos uma introdução do tema em sala de aula. No entanto, também nos preocupamos que não fosse muito extenso e que deste modo não comprometa o tempo destinado a outros assuntos pertencentes ao currículo.

A SD é composta por cinco módulos: 1 – Introdução à radiação, 2- Radioatividade, 3 – Radiações: história e aplicações, 4 – Visita técnica e 5 – Avaliação final.

O módulo 1 traz como assuntos principais os tipos de radiações em função de forma, a radiação eletromagnética e a corpuscular, e de sua interação com a matéria, a radiação ionizante e a não-ionizante. É iniciado com um questionário inicial que tem como objetivo identificar o conhecimento do aluno sobre o tema e também induzir uma discussão inicial sobre o mesmo. Um vídeo sobre as radiações eletromagnéticas e como as radiações estão presentes em nosso cotidiano também foi utilizado previamente à apresentação do conteúdo teórico.

O módulo 2 aborda as razões de um dado elemento ser considerado radioativo e dá destaque a tipos de radiações emitidas por núcleos radioativos: alfa, beta e gama. São utilizados três vídeos neste módulo. O primeiro e o segundo foram utilizados a fim de introduzir o tema, despertando o interesse do aluno e também trazendo informações desconhecidas por eles, como materiais radioativos em nosso cotidiano, e sobre como a radioatividade pode ser prejudicial e perigosa, abordando o caso do Césio-137, em Goiânia. O terceiro vídeo foi utilizado como uma forma de atividade investigativa para que fosse possível uma atividade prática na qual os alunos poderiam identificar o poder de penetração (e energia) de alguns tipos de radiações.

O módulo 3 apresenta, em destaque, duas aplicações das radiações: raios-x, em diagnóstico, e a radioterapia. A história da ciência é trabalhada com o auxílio de dois vídeos, sobre a vida de Marie Curie, e sua importância no estudo da radioatividade, e como aconteceu a descoberta dos raios-x pelo Físico Wilhelm Conrad Roentgen. Um terceiro vídeo é utilizado para auxiliar na explicação de como funcionavam as máquinas de raios-x. A abordagem CTS continua neste módulo com outras aplicações das radiações em nosso cotidiano e finaliza com uma discussão sobre a radioproteção e finaliza com um questionário final.

Todos estes três módulos trazem ao final a indicação de alguns exercícios a serem aplicados com os alunos.

Os últimos dois módulos são questionários propostos para avaliar uma visita técnica ao centro de raios-x de um hospital próximo ao colégio e o conhecimento dos alunos a cerca do assunto radiação, de acordo com o que foi trabalhado na sala de aula.

A sequência didática, além de propor um texto científico sobre o assunto e que pode ser utilizado em sala de aula pelos alunos, também apresenta algumas orientações ao professor das possibilidades de trabalhar o conteúdo com os alunos. Estas indicações são destacadas em quadros cinza ao longo do material.

MÓDULOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

MÓDULO 1. INTRODUÇÃO À RADIAÇÃO

Objetivo: Este módulo tem por objetivo principal apresentar os tipos de radiações quanto à forma (eletromagnética e corpuscular) e quanto à interação com a matéria (ionizante e não-ionizante) e também trazer algumas relações das radiações com nosso cotidiano.

1.1 Introdução ao Conteúdo

Vamos iniciar o nosso estudo da radiação com as atividades 1 e 2. Elas se tratam de um questionário inicial, para conhecer e discutir os conhecimentos prévios sobre o assunto, e de um vídeo sobre o espectro eletromagnético, para demonstrar/relembrar alguns de seus conceitos e relações com nosso dia-a-dia.

Atividade 1. Vamos falar de radiação?

Responda às seguintes questões:

1. O que vem à sua mente quando houve esta palavra: RADIAÇÃO
2. O que é radiação?
3. Como a radiação se propaga?
4. A radiação pode fazer mal ao nosso organismo? O que pode causar?
6. A radiação pode utilizada para nosso benefício? Em que situações?

O professor, antes de entregar o questionário, pode expor aos alunos o tema que será estudado posteriormente e que o questionário será proposto a fim analisar o conhecimento que eles têm, tanto científico quanto de senso comum, sobre o tema. Pode propor os questionários em dupla, para que assim seja possível a discussão entre eles. Posteriormente ao questionário escrito, o professor pode retornar às questões de modo a discuti-las em com toda a sala. Estas discussões, além de permitir identificar o conhecimento prévio dos alunos, proporciona um ambiente propício para despertar o interesse do aluno pelo tema, fazendo-o participar ativamente da aula.

Atividade 2. Vídeo de Introdução ao espectro eletromagnético

Assista ao vídeo nº 1, intitulado “Quer que eu desene: Espectro Eletromagnético”⁹, com duração de 4:51 min. Ele apresenta o que seria uma onda eletromagnética e as várias formas como a “encontramos” em nosso cotidiano. A Figura 1 indica algumas imagens apresentadas no vídeo.

Figura 1. Imagens do vídeo abordando as características das ondas eletromagnéticas e sua presença/importância no dia-a-dia.



Fonte: Adaptado do vídeo pelo autor¹⁰.

A exibição deste vídeo tem como objetivo, além de iniciar a apresentação do tema, despertar o interesse do aluno para o assunto, já que este recurso explora a presença e importância deste tipo de radiação no cotidiano do qual eles fazem parte. Segundo Moreira (2011), um dos pré-requisitos para o indivíduo aprender é ele estar disposto a isto. Assim, apresentar o tema e sua importância antes da abordagem científica pode favorecer a uma pré-disposição do aluno em estudar o conteúdo.

⁹<https://www.youtube.com/watch?v=3po0Ek5aPKE>. Acesso em 2 de julho de 2017.

¹⁰<https://www.youtube.com/watch?v=3po0Ek5aPKE>. Acesso em 2 de julho de 2017.

Após a exibição, gerar uma discussão com os alunos sobre o que viram no vídeo, quais são os tipos de ondas eletromagnéticas que foram expostos ou que eles têm conhecimento e quais são as fontes. A partir deste diálogo, o professor inicia a explicação teórica sobre ondas eletromagnéticas.

Posteriormente, o professor pode iniciar a abordagem teórica sobre o conteúdo de ondulatória (definições, classificação das ondas quanto a forma, etc) provavelmente já deve ter sido abordado no ano anterior, em mecânica, pelo professor de Física. No entanto, muitas vezes é necessário relembrar conceitos e definições básicas a fim de que se possa ser possível explorar as características das ondas eletromagnéticas.

1.2 Radiação: Formas de Propagação e Interação com a Matéria

Um dos modos da radiação se propagar é por meio de ondas eletromagnéticas. Para compreendermos melhor, vamos iniciar nosso estudo relembrando alguns conceitos de ondulatória e posteriormente estudarmos os conceitos relacionados à radiação.

1.2.1 Ondulatória

Ondulatória: É o movimento através de ondas, em que há transporte de energia e não há transporte da matéria. Simplesmente energia.

Onda: é a propagação de energia em uma região do espaço, através de uma perturbação.

Classificação das ondas:

As ondas podem ser classificadas em três modos:

- Quanto à natureza;
- Quanto à direção de propagação;
- Quanto à direção de vibração.

Quanto à natureza

- *Ondas mecânicas:* são aquelas que necessitam de um meio material para se propagar (não se propagam no vácuo). Exemplo: ondas em cordas e ondas sonoras (som).

- *Ondas eletromagnéticas*: são aquelas geradas por cargas elétricas oscilantes e não necessitam de um meio material para se propagar, podendo ser geradas no vácuo. Exemplos: ondas de rádio, de TV, de luz e raios X.

Quando à direção de propagação

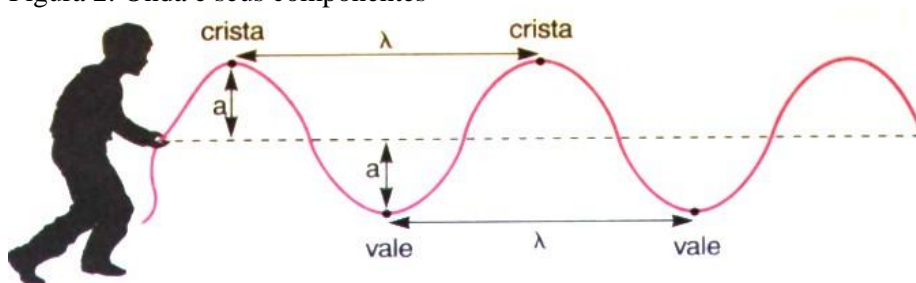
- *Unidimensionais*: propagam-se em uma só direção. Exemplo: ondas em cordas.
- *Bidimensionais*: propagam-se em um plano. Exemplo: ondas na superfície de um lago, ou em superfícies de água.
- *Tridimensionais*: propagam-se em todas as direções. Exemplo: ondas sonoras no ar atmosférico ou em metais.

Quanto à direção de vibração

- *Transversais*: são aquelas em que as vibrações são perpendiculares à direção de propagação. Exemplos: ondas em corda.
- *Longitudinais*: são aquelas em que as vibrações coincidem com a direção de propagação. Exemplos: ondas sonoras e ondas em molas.

Ondas periódicas

Figura 2: Onda e seus componentes



Fonte: Bonjorno et al. (1999)

Os elementos principais de uma onda completa – um ciclo – são: o período de duração, que é o tempo decorrido entre o início e o fim de seu ciclo;

Período de tempo (T): o tempo necessário para que duas cristas consecutivas passem pelo mesmo ponto

Frequência (f): é o número de cristas consecutivas que passam por um mesmo ponto, em cada unidade de tempo.

Comprimento de onda (λ): é a distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos.

As ondas eletromagnéticas transportam energia de um local para outro. A energia de uma onda eletromagnética está distribuída entre os campos elétrico e

magnético. Ao se propagar, a energia da onda oscila entre a energia do campo elétrico e a energia do campo magnético. Um exemplo desta energia é como a energia do Sol chega até a Terra.

Depois desta revisão sobre ondas, o professor pode iniciar a definição de radiação, classificando de acordo com sua forma de transferência de energia ou seu tipo de interação com a matéria.

2.1.2 Radiação

A radiação é propagação de energia de um ponto a outro no espaço. A forma como a energia é transportada e como a radiação interage com a matéria são duas formas de classificar a radiação.

A – Formas de propagação

A energia das radiações pode se propagar de suas formas, por ondas eletromagnéticas ou por partículas carregadas.

1. ***Eletromagnética***: a energia é transportada por ondas eletromagnéticas, constituídas de campos elétricos e magnéticos que oscilam no espaço.
2. ***Corpuscular***: a energia é transportada pelas partículas.

A.1 Radiação eletromagnética

As ondas eletromagnéticas são ondas transversais que não precisam de meio para se propagar, se propagam no vácuo, no qual os campos elétricos e magnéticos se alternam.

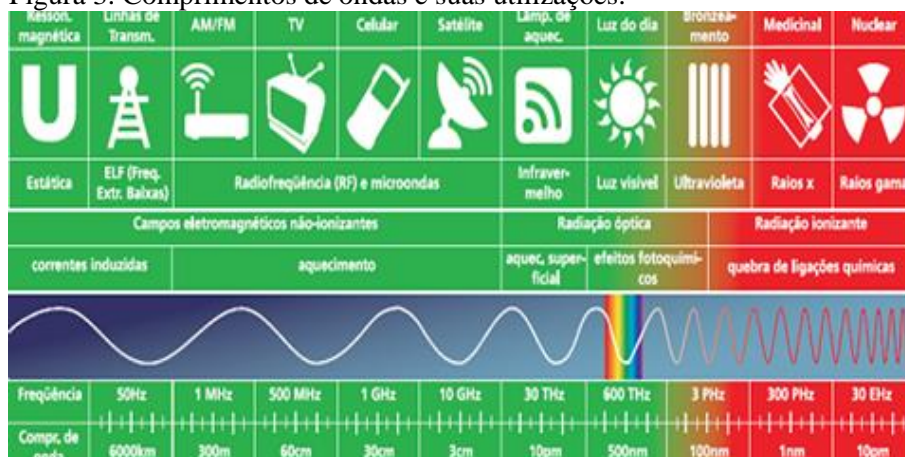
O espectro eletromagnético inclui as ondas eletromagnéticas com suas frequências e comprimentos de ondas correspondentes. Cada tipo de onda eletromagnética é produzido por um dispositivo diferente. Por exemplo: ondas de rádio por meio de circuitos elétricos oscilantes, e os raios-x que são frequências muito altas, são obtidos por oscilações que ocorrem em nível atômico, ou pela desaceleração brusca de elétrons.

De acordo com sua natureza, as radiações eletromagnéticas apresentam comprimentos de onda próprios. As mais conhecidas, considerando as que têm

comprimento de onda maior para as menores, como possível de se observar nas figuras 3 e 4, são:

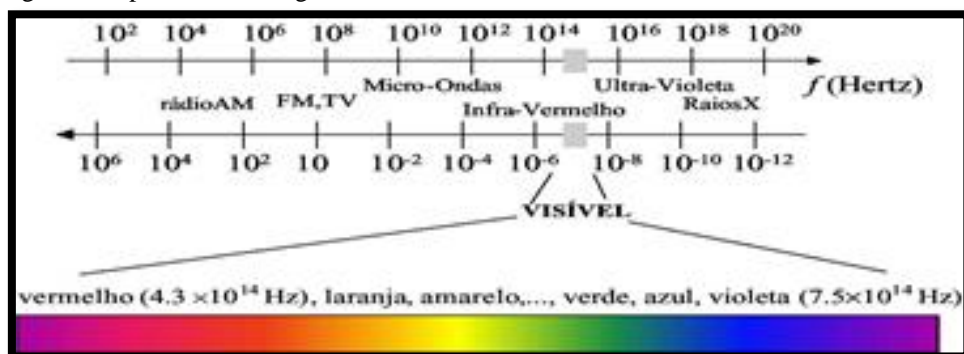
- Ondas de rádio, desde as mais longas, com três mil metros, até as ondas ultracurtas do radar, com um centímetro.
- Micro-ondas, de 10^8 Hz a 10^{11} Hz.
- Raios infravermelhos, de 10^{11} Hz até 10^{14} Hz.
- Raios luminosos, de 8×10^{14} Hz até 4×10^{14} Hz.
- Raios ultravioletas, de 10^{15} Hz até 10^{17} Hz.
- Raios X, de 10^{17} Hz até 10^{19} Hz.
- Raios gama, de 5×10^{19} Hz até aproximadamente 10^{22} Hz.

Figura 3. Comprimentos de ondas e suas utilizações.



Fonte: Bonjorno et al (2013)

Figura 4. Espectro eletromagnético



Fonte: Bonjorno et al (2013)

Ondas de Rádio

Ondas de rádio AM (amplitude modulada), cujo intervalo de frequência é 10^4 Hz até 10^7 Hz, são utilizadas nas transmissões a longa distância, pois se reflete na ionosfera (camada de íons localizada a uns 80 km de altitude), retornando ao solo.

Ondas de rádio FM (frequência modulada), cujo intervalo de frequência é 10^6 até 10^7 Hz, não são refletidas na ionosfera. Essas ondas necessitam de estações retransmissoras para ser captada a longa distância.

Micro-ondas

Correspondem a um tipo de onda de rádio de menor comprimento. São produzidas por equipamentos eletrônicos e tem aplicações em sistema de radar para localização de navios, aeronaves e veículos.

Infravermelho

Conhecida como uma radiação térmica, mediante a oscilação das moléculas que constituem a matéria. Os corpos mediante a variação de temperatura emitem radiação infravermelha. Podendo ser utilizada na secagem de pinturas, fisioterapia, fotografias e também é usada nos dispositivos de controle remoto de aparelhos de TV, som, DVD e portões automáticos.

Raios luminosos

É compreendido como a luz visível, isto é, menor frequência que causa a sensação do vermelho e a maior a do violeta. A maior sensibilidade do olho humano é a amarela, cuja frequência é aproximadamente $5,5 \times 10^{14}$ Hz.

Raios ultravioletas

O sol é a principal fonte dessas radiações, por transportar uma grande quantidade de energia. Porém, podem causar se exposto por um longo período, efeitos danosos aos seres humanos como catarata, perda de elasticidade da pele e até mesmo câncer de pele.

Raios-x

São ondas magnéticas de alta frequência. (Será explorado o tema no módulo 3 da sequência didática)

Raios gama

São raios emitidos pelos núcleos dos átomos nas transformações radioativas. (Será explorado o tema no módulo 2, da sequência didática).

A.2 Radiação Corpuscular

Além da radiação eletromagnética, há a radiação corpuscular, que são pacotes de energia em movimento. É constituída de um feixe de partículas elementares, ou núcleos atômicos, tais como: elétrons, prótons, nêutrons, deuterons, partículas alfa, etc.

A energia se propaga através de partículas subatômicas. Quanto à origem destas partículas algumas têm origem em processos de desintegração nuclear (elétrons, pósitrons, partículas alfa, neutrinos) e outras são obtidas através de processos de fissão nuclear (nêutrons, mésons).

B. Interação com a matéria

A radiação pode interagir de modos distintos com a matéria no qual irradia. Esta interação depende da **energia** da radiação e podemos classificar como:

1. **Radiação Ionizante:** Energia suficiente para ionizar a matéria (arrancar elétrons).
2. **Radiação não-ionizante:** Energia mais baixa, não suficiente para ionizar a matéria.

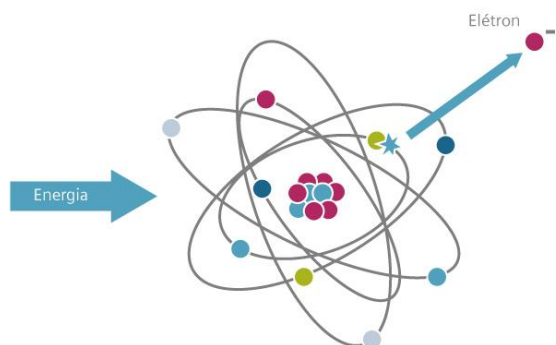
B.1 Radiação Ionizante

Radiação ionizante possui energia suficiente para remover elétrons do átomo de um material. No caso das células, este tipo de radiação pode interagir com elas, provocando morte celular ou transmutação, que é a mutação das células.

As emissões dos núcleos radioativos normalmente tem uma energia muito superior às das radiações comuns, como as ondas de rádio, luz ou infravermelho, por isso tem alto poder de ionização¹¹. Essas radiações possuem energia suficiente para arrancar elétrons de um átomo, tornando-o eletricamente carregado, como mostra a Figura 5.

¹¹ Processo por meio do qual um átomo ou uma molécula perde ou ganha elétrons para formar íons

Figura 5: A alta energia da radiação incidente é capaz de arrancar um elétrons do átomo.



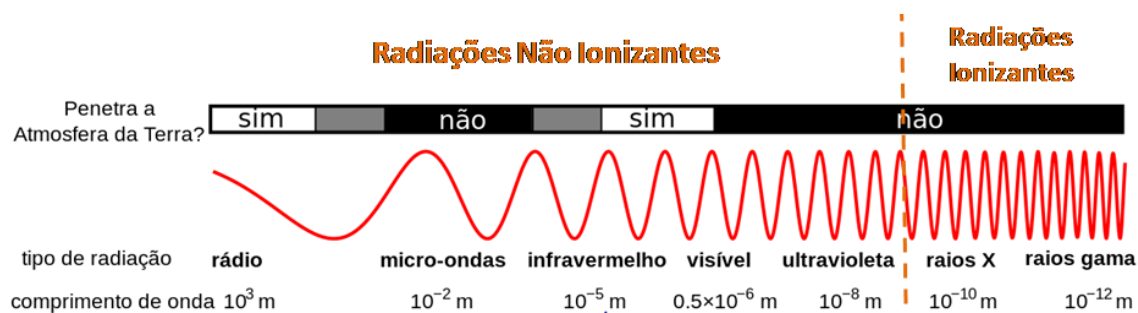
Fonte: Site “Entendendo a radiação médica”¹²

São exemplos de radiação ionizante:

- Radiação eletromagnética (alta energia): gama, raios-x**
- Radiação corpuscular: alfa e beta

A Figura 6 mostra ilustra qual parte do espectro eletromagnético estão classificadas as radiações ionizantes.

Figura 6: As ondas eletromagnéticas de menor comprimento de onda (maior frequência) possuem alta energia, capaz de ionizar os átomos.



Fonte: Site “Saber SST”¹³.

É possível visualizar que as radiações ionizantes são aquelas do lado do espectro com menor comprimento de onda, ou seja, maior frequência, como dada pela Equação 1, na qual c é a velocidade da luz.

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Equação 1

¹²<http://www.radiacao-medica.com.br/dados-sobre-radiacao/o-que-e-radiacao/radiacao-ionizante/>. Acesso em 02 de julho de 2018.

¹³http://www.saudeesegurancaotrabalho.org/radiacoes_ao_ionizantes/

Como a energia de uma onda é diretamente proporcional à sua frequência, a radiação ionizante possui as mais altas energias no espectro eletromagnético.

O professor, pode retornar ao espectro eletromagnético e mostrar que estas duas radiações eletromagnéticas possuem pequeno comprimento de onda, ou seja, alta frequência. Isso permite a este tipo de radiação interagir com as células do nosso corpo, diferente das demais, que possuem baixa energia, com grande comprimento de onda e baixa frequência.

B.2 Radiação Não Ionizante

Uma radiação é denominada não ionizante quando não possui energia suficiente para ionizar a matéria, ou seja, arrancar elétrons dos átomos da matéria com a qual interage. Possui frequência igual ou menor que a da luz e inclui a própria luz, calor, ondas de rádio e microondas

- Não possuem energia suficiente para quebrar moléculas e ligações químicas.
- Ondas eletromagnéticas: ultravioleta, infravermelho, radiofrequência, laser, microondas e luz visível.

Exercícios

Estas questões a seguir podem ser proposta aos alunos. A primeira trabalha a definição de radiação e suas classificações e segunda aborda uma interpretação do espectro eletromagnético de acordo com a energia de cada faixa do espectro.
Respostas: 1. (d); 2. (d)

01 – Sobre radiação:

- I – radiação é propagação de energia de um ponto a outro do espaço;
- II – radiação são as ondas eletromagnéticas que fazem mal ao nosso organismo;
- III – radiação pode ser classificada como ondas eletromagnéticas ou partículas;
- IV – a radiação não ionizante possui energia maior que a radiação ionizante.

Quais alternativas estão corretas:

- a) Apenas a I e II a III

- b) Todas
- c) Apenas a III e a IV
- d) Apenas a I e a III
- e) Apenas a I, a III e a IV

Justifique cada uma das alternativas, porque estão corretas ou incorretas.

02 – Considere o espectro eletromagnético de acordo com a frequência (em hertz): Ondas de rádio 10^8 , ultravioleta 10^{16} , micro-ondas 10^{10} , raios X 10^{19} e infravermelho 10^{13} .

Dentre as fontes citadas a seguir, qual produz radiação eletromagnética com menor comprimento de onda, ou seja, maior energia? Justifique sua resposta.

- a) Laser de ultravioleta
- b) Forno de micro- ondas
- c) Luz vermelha
- d) Aparelhos de raios X
- e) Laser de infravermelho

MÓDULO 2: RADIOATIVIDADE

Objetivo: Neste módulo, vamos é estudar o que é radioatividade, onde está presente e suas principais características.

2.1 Radioatividade e Cotidiano

Atividade 1. O que sabe sobre radioatividade?

Antes de iniciarmos o estudo deste assunto, responda às seguintes questões:

1. Já ouviu falar sobre radioatividade? Se sim, em quais situações?
2. A radioatividade pode ser ruim para nós? Se sim, em quais situações?
3. A radioatividade pode ser boa para nós? Se sim, em quais situações?

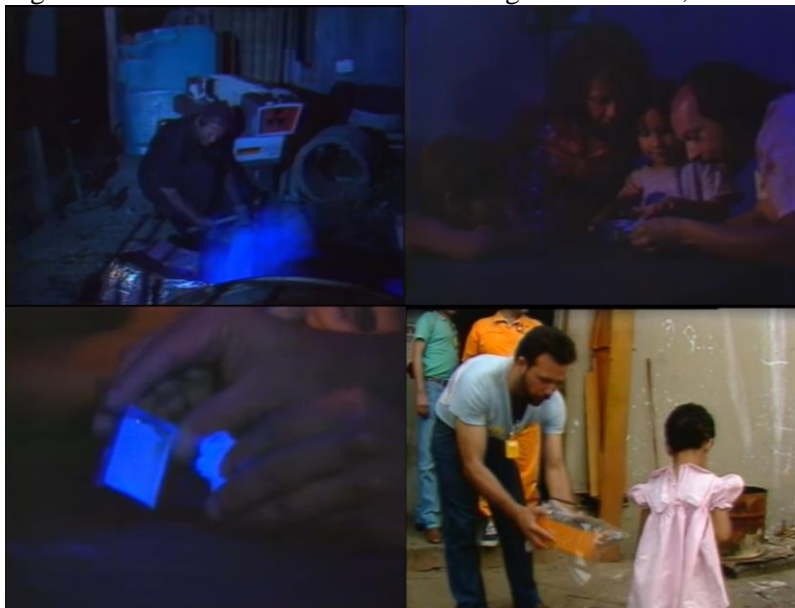
O professor pode iniciar a aula fazendo oralmente estes questionamentos e buscando sanar qualquer dúvida relacionada à aula passada.

Atividade 2. Vídeo “Maior acidente radiológico do mundo”.

Para iniciar nosso estudo, vamos assista ao vídeo 2 “Maior acidente radiológico do mundo, césio-137 completa 29 anos”¹⁴. Ele possui duração de 4:38 min e se trata de um documentário sobre o acidente que ocorreu em Goiânia em 1987 com um material radioativo encontrado em um ferro velho.

¹⁴<https://www.youtube.com/watch?v=23Rz6ygxkAk>. Acesso em 2 de julho de 2017.

Figura 7: Vídeo 1 - Maior acidente radiológico do mundo, césio-137 completa 29 anos.



Fonte: Adaptado do vídeo pelo autor.

Sobre este assunto, responda:

1. Vocês têm contato com estas “coisas”?
2. Vocês já sabiam disso, que estas coisas são radioativas?

É importante a discussão destas respostas, para gerar uma interação entre a turma e promover a curiosidade e uma melhor compreensão dos alunos pelo assunto.

O professor pode discutir com os alunos como este fato ocorreu e a importância de se ter cuidados com materiais radioativos, já que eles devem ser sempre isolados e controlados pelo CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear).

Após o 3º vídeo, realizar uma explicação teórica sobre a Radioatividade, pois este assunto é abordado em vários livros do ensino médio que estão presentes no PCN (Plano Curricular Nacional).

Atividade 3 – Vídeo “Atenção! Descubra 13 coisas do seu dia-a-dia que são radioativas”

A radioatividade é algo que está distante do nosso cotidiano? Objetos que possuem elementos radioativos podem estar a nossa volta sem que saibamos disto? O vídeo 3, intitulado “Atenção! Descubra 13 coisas do seu dia-a-dia que são radioativas”¹⁵, com duração de 10:21 min, apresenta como os elementos radioativos estão presentes em nosso dia-a-dia sem que a grande maioria das pessoas tenham ciência desta informação. A Figura 8 mostra alguns dos objetos/substâncias abordados no vídeo.

Figura 8 - Imagens de objetos/substâncias que são radioativas, de acordo com o vídeo: banana, castanha do Pará, cerveja e vidro verde.



.Fonte: Bancos de imagens gratuitas¹⁶

Diante das informações apresentadas pelo vídeo, responda:

- Vocês têm contato com estas “coisas”?
- Vocês já sabiam disso, que estas coisas são radioativas?
- Por que não temos problemas com a saúde devido a isto?

¹⁵<https://www.youtube.com/watch?v=c9pstmjky4&t=486s>. Acesso em 2 de julho de 2017.

¹⁶<https://pixabay.com/> e <https://pt.freeimages.com/>

Posteriormente o professor deve discutir as informações apresentadas no vídeo utilizando as perguntas propostas.

Este vídeo tem como intenção introduzir aos alunos o conteúdo de radioatividade e mostrar que ela está presente em nosso cotidiano e que sua presença nem sempre nos é prejudicial, pois sua nocividade está sempre diretamente relacionada à quantidade de radiação emitida.

2.2 Radioatividade: Conceitos Básicos

O professor pode iniciar esta parte do conteúdo com: Para se emitir uma radiação é necessário conhecer o átomo. Por quê? (a resposta será dada no final deste conteúdo).

2.2.1 Átomo

O átomo é a unidade fundamental da matéria, composto por um núcleo e uma eletrosfera. No núcleo estão os prótons, com carga elétrica positiva, e os nêutrons, que não possuem carga elétrica. Na eletrosfera orbitam os elétrons, com carga elétrica negativa.

As substâncias são diferentes porque os seus átomos diferem quanto à forma ou pela maneira como estão agregados. As diversas substâncias são diferentes entre si quanto à dureza, porque os átomos podem estar bastante próximos ou afastados. Quando estão muito próximos, o corpo é sólido; e, quando mais afastados, o material é mais maleável.

Os átomos explicam também todas as nossas sensações: paladar, olfato, tato, visão e audição.

Identificando o átomo

Para identificar o átomo é necessário saber seu número de elétrons, nêutrons e prótons.

Esta quantidade de prótons recebe o nome de número atômico, e é representado pela letra “Z”. $Z = P$ significa o número atômico dos elementos químicos.

Os elétrons são sistemas eletricamente neutros, o número de prótons é igual ao número de elétrons.

Então, (a resposta da pergunta inicial) para se emitir uma radiação é necessário conhecer o átomo. Porque o átomo é constituído pelos elementos químicos e que seu número atômico e seu número de massa determina a sua capacidade de emitir radiações espontaneamente ou artificial (desenvolvidos em laboratório). Toda matéria é constituída de partículas, denominadas átomos.

2.2.3 Radioatividade

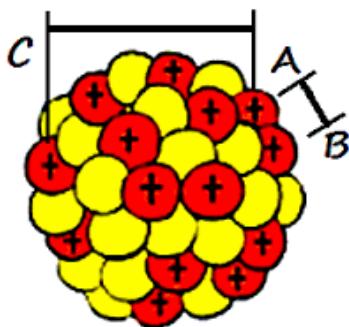
O núcleo dos átomos é composto por prótons e nêutrons, ou seja, partículas de carga positiva (prótons) e partículas sem cargas (nêutrons). Mas se você se lembrar do que foi estudado em eletrostática sabe que cargas de mesmo sinal se repelem. Isso se deve à força elétrica de repulsão.

O professor, antes da explicação, pode levantar esta questão para os alunos discutirem: Como os prótons se mantêm juntos no núcleo e não saem “correndo” um dos outros devido à força de repulsão eletrostática? Este questionamento pode favorecer o aluno à percepção de que “algo a mais”, algum outro tipo de força possa estar presente.

Para manter as partículas do núcleo juntas, há que existir uma segunda força: a **força nuclear**. Esta força que ocorre entre prótons e nêutrons (próton-próton, próton-nêutron e nêutron-nêutron) e é muito intensa, independe da carga, mas é de curtíssimo alcance. Esta força é de atração entre estas partículas, mas só existe se as partículas estiverem bem próximas uma das outras.

Quando os núcleos vão ficando maiores, os prótons vão ficando cada vez mais distantes uns dos outros. Assim, a força nuclear vai ficando menos intensa, como se pode observar na Figura 9.

Figura 9. Força nuclear



Fonte: Pietrocola et al. (2016).

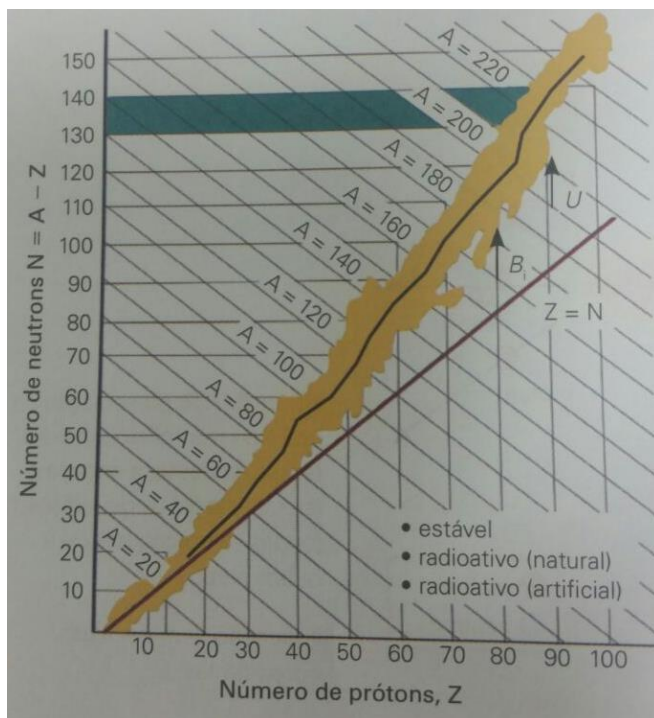
O próton A atrai o próton B com uma força nuclear (de atração), maior que a força elétrica (de repulsão). Já em relação ao próton C, mais distante de A, a força elétrica pode ser tornar maior que a força nuclear. Assim, quanto maiores os núcleos, mais difícil será manter a estabilidade do átomo, pois a força nuclear tende a ser menor quando as partículas estão distantes. Já núcleos pequenos, possuem maior estabilidade.

Diante do que foi exposto, temos que um núcleo é estável quando a força de repulsão entre os prótons é menor que a força nuclear entre eles e os nêutrons.

Geralmente, quando o núcleo é pequeno, temos a mesma quantidade de prótons e nêutrons (com exceção do hidrogênio, com um próton). Quando os núcleos são maiores, o número de nêutrons deve ser ainda maior que o número de prótons pra que a força nuclear consiga se opuser à força de repulsão elétrica das cargas positivas.

Como exemplo podemos citar o bismuto, ele é o último a ter estabilidade, com 83 prótons e 124 nêutrons. A partir deste número atômico os núcleos são instáveis e se desintegram espontaneamente até se tornarem estáveis novamente. Radioatividade é o nome desta desintegração espontânea dos núcleos dos átomos.

Figura 10. Relação entre o número de nêutrons e prótons de alguns núcleos

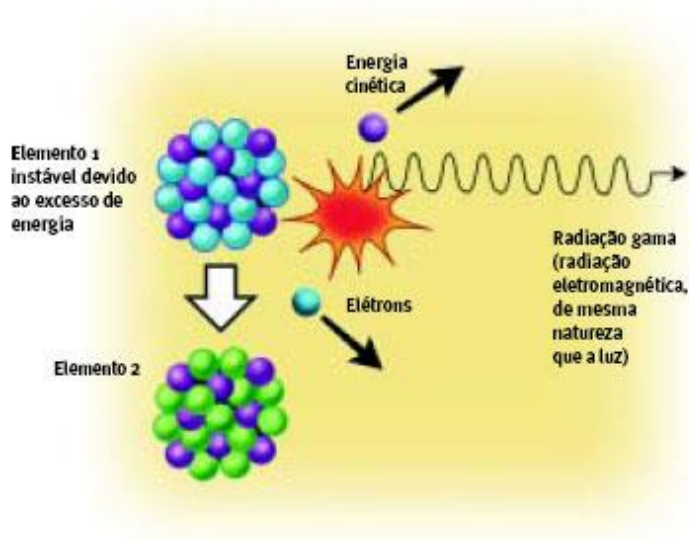


Fonte: Pietrocola et al. (2016).

A maioria dos elementos químicos é considerada estável. São os átomos pequenos, com número atômico até 84. Átomos com núcleos maiores precisam liberar energia. Pra isso, eles emitem radiação espontaneamente e, na maioria dos casos, transformam-se em outros elementos ou reduzem sua massa atômica, se tornando estáveis. Essa propriedade é a Radioatividade, e esses elementos são chamados de **radioativos**.

Na Figura 11 abaixo temos uma representação de uma emissão de radiação gama. Neste caso, como a força eletrostática de repulsão é maior que a força nuclear de atração. O núcleo libera energia em forma de radiação gama e se torna outro elemento, mais estável.

Figura 11. Decaimento radioativo gama



Fonte: Site “Energia Nuclear”¹⁷

Assim, quando os átomos são instáveis, há um excesso de energia que deve ser liberada para então ele se tornar estável.

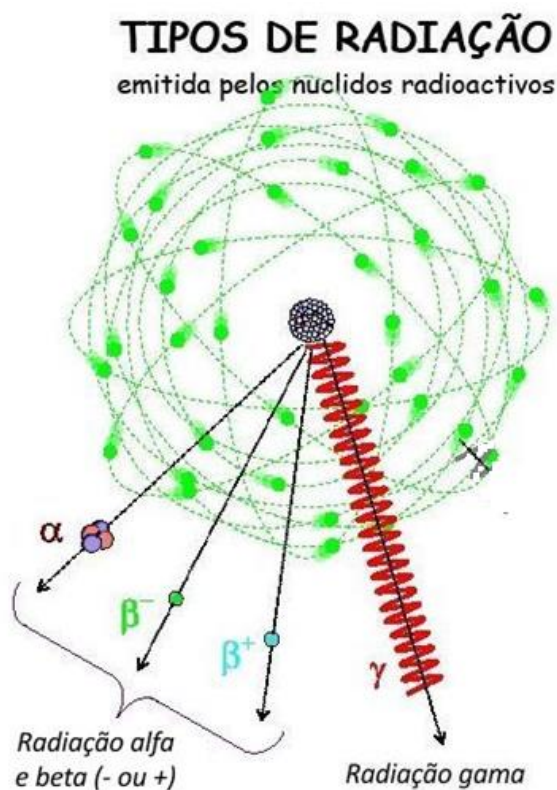
TIPOS E CARACTERÍSTICAS DAS RADIAÇÕES

As radiações podem ter origem nuclear, como as radiações alfa, beta e gama, ou origem atômica (eletrosfera), como os raios x.

A Figura 12 exibe as radiações de origem nuclear. Como ela mesma demonstra, as partículas alfa e beta (- ou +) são de natureza corpuscular. Ou seja, são partículas carregadas. Já a radiação gama, na ilustração, é descrita como uma onda, pois neste caso a energia é transportada não por partículas, mas por uma onda eletromagnética.

¹⁷ <https://sites.google.com/site/energianuclear125/decaimento-nuclear>

Figura 12: Exemplos de radiação emitida pelos núcleos radioativos: (1) corpuscular (alfa e beta) e (2) eletromagnética.



Fonte: Site “Radiologia e Concursos”¹⁸

Estas três radiações podem ser descritas tanto pela forma quanto a energia é transportada quanto pela sua quantidade de energia. Quanto maior a energia de um tipo de radiação, maior seu poder de penetração na matéria.

Para auxiliar na compreensão das diferentes energias das radiações e, portanto, do poder de penetração, a atividade 4 é proposta. Nela é possível comparar as propriedades da radiação alfa com a radiação beta.

Atividade 4: Vídeo “Alfa e beta: dois tipos de radiações”.

Para compreender melhor as diferenças entre as partículas alfa e beta¹⁹, o vídeo 4, demonstra como os dois tipos de radiação corpuscular interagem com as barreiras posicionadas entre a fonte e o medidos. O vídeo tem 3:00 min de duração.

¹⁸ <http://radiologiaeconcursos.blogspot.com.br/2013/06/resumo-tipos-de-radiacao-alfa-beta-x-e.html>

¹⁹ <https://www.youtube.com/watch?v=NOW0yGgvMmI>. Acesso 31 de maio de 2017.

Figura 13. Vídeo 2 - Alfa e beta: dois tipos de radiação



Fonte: Youtube. Acesso 31 de maio de 2017.

Neste vídeo, um medidor de radiação é utilizado para indicar a presença de radiação alfa e beta. Este tipo de medidor indica radiação, além do ponteiro, também pela frequência dos apitos. Assim, se ele apita, há radiação chegando até ele. A intensidade dos apitos também é proporcional à radiação medida.

Obstáculos de papel e alumínio são colocados entre a fonte de partículas alfa e beta e o medidor, de tal modo que pode se verificar se essas partículas atravessam ou não esses obstáculos. Deste modo, pode-se avaliar o poder de penetração das partículas.

O professor inicialmente irá apresentar o vídeo para os alunos e irá propor, de forma escrita, as questões a seguir. Por meio delas, espera-se que seja possível identificar se o aluno consegue comparar o poder de penetração destes dois tipos de radiações.

Após assistir ao vídeo, responda: .

1- Com a fonte de partículas alfa, quando é colocada uma folha de papel entre a fonte e o medidor, o valor de radiação medida mudou (mudou a frequência dos apitos)? O que observou? Porque será que isso ocorreu?

2. Com a fonte de partículas beta, quando é colocada uma folha de papel entre a fonte e o medidor, o valor de radiação medida mudou (mudou a frequência dos apitos)? O que observou? Porque será que isso ocorreu?

3. Com a fonte de partículas beta, quando é colocada uma placa de alumínio fina entre a fonte e o medidor, o valor de radiação medida mudou (mudou a frequência dos apitos)? O que observou? Porque será que isso ocorreu?

4. Com a fonte de partículas beta, quando é colocada uma placa de alumínio espessa entre a fonte e o medidor, o valor de radiação medida mudou (mudou a frequência dos apitos)? O que observou? Porque será que isso ocorreu?

Assim que fizer as perguntas o professor deve deixar que os próprios alunos respondessem as dúvidas dos colegas, o objetivo deste tipo de atividade é deixar a aula mais dinâmica. Entretanto, o professor deve trabalhar como um líder ou um facilitador nesta atividade, coordenando e direcionando para as respostas corretas não deixando que os alunos fujam do propósito da aula. Mas sempre que não houver a resposta exata, cabe ao professor sanar as dúvidas dos alunos.

Após a discussão o professor pode mostrar o vídeo novamente, para que aqueles que não conseguiram entender pela primeira vez sem explicação, na segunda vez e com todas as explicações já fornecidas, possam entender.

Radiações Alfa, Beta e Gama.

Vamos analisar três tipos de radiações emitidas por elementos radioativos: Alfa, beta e gama.

Radiação alfa

Também denominada raios alfa ou partículas alfa, são partículas positivas iguais ao núcleo do átomo do elemento hélio, ou seja, cada uma é constituída por dois prótons e dois nêutrons. Portanto, a partícula alfa apresenta carga +2 e massa 4.

A demonstração definitiva de que as partículas alfas são iguais ao núcleo de hélio foi dado por Rutherford em 1909. Esse cientista observou que um recipiente contendo

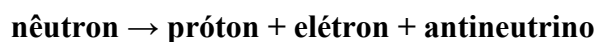
material emissor de partículas alfa, após certo tempo ficava impregnado do elemento hélio.

- As partículas alfa, como explicou Rutherford capturavam elétrons do ambiente e se transformavam em átomos de hélio.
- Partículas com dois prótons e dois nêutrons – partícula pesada;
- Possui duas cargas positivas;
- Perde energia para o meio muito rapidamente – alcance pequeno (alguns centímetros no ar);
- Alto poder de ionização

Radiação Beta

A radiação beta, também chamada de raios beta ou partículas beta, são partículas negativas iguais aos elétrons, ou seja, cada partícula beta é um elétron, portanto apresenta carga -1 e massa 0 .

Como se não se admite que o núcleo contenha elétrons, a partícula beta deve se formar pela densidade de um nêutron: No decaimento β , um nêutron é convertido num próton, com emissão de um elétron e de um antineutrino, a antipartícula do neutrino:



O neutrino que se forma na desintegração do nêutron é uma partícula sem carga e de massa muito pequena. A sua formação visa conservar a quantidade de movimento e foi descoberta por Pauli em 1927.

Sobre a partícula beta:

- Denominação dada ao elétron emitido pelo núcleo do átomo – partícula leve;
- Possui carga negativa;
- Perde energia para o meio rapidamente – alcance médio (até alguns metros no ar);
- Pequeno poder de ionização – produção de pequena densidade de ionizações.

Radiação Gama

A radiação gama, também chamada de raios gama, são ondas eletromagnéticas cujo comprimento de onda varia de $0,5 \text{ \AA}$ a $0,005 \text{ \AA}$. Esse tipo de radiação acompanha

normalmente as radiações alfa e beta. Por serem ondas eletromagnéticas, apresentam carga e massa nulas (portanto, não diga partícula gama).

- Ondas eletromagnéticas emitidas do núcleo de átomos em estado excitado de energia;
- Não possui carga;
- Perde energia para o meio de forma muito lenta – grande alcance (centímetros de concreto);
- Pequeno poder de ionização.

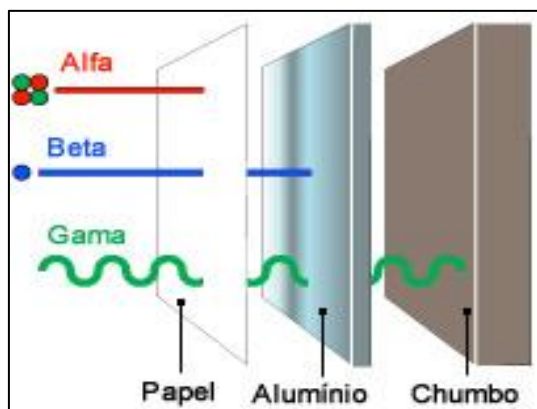
Relação entre energia e alcance:

Todo tipo de radiação ionizante, seja partícula ou onda eletromagnética, perde energia nas interações com a matéria.

Quanto maior a energia da radiação, mais interações é capaz de produzir, portanto maior o percurso até ser totalmente freada, ou seja, maior o alcance.

As radiações alfa, beta e gama apresentam na figura 14, o seguinte comportamento diante da matéria.

Figura 14. Comportamento das radiações



Fonte: Adaptado Sardella (2005)

- As radiações alfa apresentam uma velocidade em torno de 20 000 km/s e percorrem cerca de 2,5 cm no ar. Conseguem atravessar delgadas lamina de alumínio ou ouro de espessura igual a 0,0001 mm, mas são barradas por uma simples folha de papel.

- As radiações beta apresentam uma velocidade próxima a da luz e percorrem alguns metros no ar. Conseguem atravessar uma lamina de chumbo de até 2 mm ou de alumínio de até 5 mm, mas são barradas por uma placa de madeira de 2,5 cm de espessura.
- As radiações gama apresentam a velocidade das ondas eletromagnéticas (velocidade da luz: 300 000 km/s) e percorrem milhares de metros no ar. Conseguem atravessar chapas de aço de 15 cm de espessura, mas não são barradas completamente por placas de chumbo ou paredes de concreto.

Exercícios

Estas questões a seguir podem ser proposta aos alunos. As questões 01 e 02 aborda sobre o átomo, enquanto as questões 03 e 04 sobre radiações alfa, beta e gama.
Respostas: 1. (d); 2. (e); 3. (d); 4. (e);

01- Um átomo é composto de:

- (a) prótons no núcleo, neutrons e elétrons em órbita
- (b) nêutrons no núcleo, prótons e elétrons em órbita
- (c) elétrons e nêutrons no núcleo e prótons em órbita
- (d) prótons e nêutrons no núcleo e elétrons em órbita
- (e) prótons, nêutrons e elétrons em órbita

02- A carga elétrica do átomo é:

- (a) negativa ou neutra
- (b) positiva ou neutra
- (c) neutra
- (d) positiva
- (e) negativa

03. Relacione as radiações naturais alfa, beta e gama com suas respectivas características:

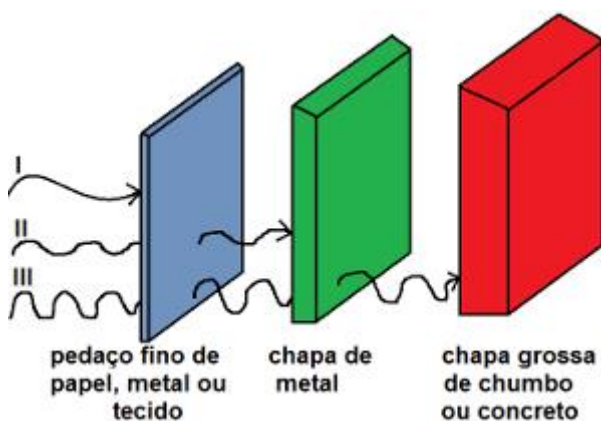
- 1. alfa (α);
- 2. beta (β);
- 3. gama (γ).

- Possuem alto poder de penetração, podendo causar danos irreparáveis ao ser humano;
- São partículas leves, com carga elétrica negativa e massa desprezível;
- São radiações eletromagnéticas semelhantes aos raios X, não possuem carga elétrica nem massa;
- São partículas pesadas de carga elétrica positiva que, ao incidirem sobre o corpo humano, causam apenas queimaduras leves.

A sequência correta, de cima para baixo, é:

- 1, 2, 3, 2.
- 2, 1, 2, 3.
- 1, 3, 1, 2.
- 3, 2, 3, 1.
- 3, 1, 2, 1.

04-Ao acessar um site na internet à procura de informações sobre radiações, um aluno encontrou a seguinte figura²⁰:



Qual das radiações é a mais energética e como ela é chamada?

- É a representada em III. Radiação alfa.
- É a representada em I. Radiação gama.
- É a representada em II. Radiação beta.
- É a representada em III. Radiação beta.
- É a representada em III. Radiação gama.

²⁰<https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-quimica/exercicios-sobre-radiacoes-alfa-beta-gama.htm>. Aceso em 21 de outubro de 2018,

MÓDULO 3: RADIAÇÕES: HISTÓRIA E APLICAÇÕES

Objetivo deste Módulo é explicar o conceito e características de um aparelho de raios-X, radioterapia e outros usos da radiação.

Nesta aula o professor continuará o raciocínio da aula passada e iniciará a aula explicando sobre decaimento radioativo e contando a história de Marie Curie. Em seguida, será feita apresentação teórica utilizando PowerPoint sobre a estrutura da matéria, radiações, radioatividade e radioproteção.

3.1 DECAIMENTO RADIOATIVO?

Como visto anteriormente, átomos instáveis emitem energia em forma de algum tipo de radiação para se tornarem estáveis. Eles emitem radiação espontaneamente e, na maioria dos casos, transformam-se em outros elementos ou reduzem sua massa atômica, se tornando estáveis. Essa propriedade é a Radioatividade, e esses elementos são chamados de **radioativos**.

Decaimento alfa

Um núcleo emite uma partícula alfa, em que o número atômico é diminuído de duas unidades e o número de massa é diminuído de quatro unidades atômicas, resultante em outro elemento químico.

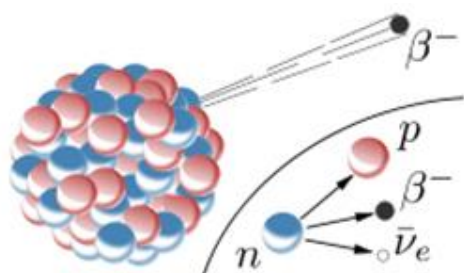
Decaimento beta

É quando o número de massa permanece o mesmo e o número atômico aumenta em uma unidade com a emissão de um elétron.

Decaimento gama

Um núcleo em estado excitado decai para um estado de menor energia, emitindo um fóton muito energético (alta frequência). Ao contrário do que ocorre no decaimento alfa e beta, o núcleo atômico continua a ser o mesmo, não havendo transmutação.

Figura 15. Representação do decaimento de um nêutron livre



Fonte: Pietrocola et al. (2016).

3.2 MARIE CURIE E A RADIOATIVIDADE

Marie Curie foi, sem dúvidas, uma das maiores cientistas mulheres da história da ciência. Entre suas pesquisas, ela se deparou com o fenômeno da radioatividade e identificou pela primeira vez uns elementos radioativos. Assista ao vídeo nº 5: “O gênio de Marie Curie - Shohini Ghose”²¹, de duração de 05:03 min, para conhecer melhor esta cientista e algumas de suas contribuições para a ciência.

Figura 16. Vídeo 3 - O gênio de Marie Curie - Shohini Ghose.



Fonte: Adaptado do vídeo pelo Autor.

²¹https://www.youtube.com/watch?v=w6JFRi0Qm_s. Acesso em 2 de julho de 2017.

O professor pode interagir com os alunos discutindo sobre o que foi dito no vídeo, enfatizando como o casal Curie foi importante na descoberta da radioatividade e a grande importância da Marie Curie como cientista mulher e como única pessoa a ganhar dois prêmios Nobel em duas áreas diferentes: Física e Química.

A descoberta do Raios-X, em 1895, chamou a atenção de muitos cientistas, entre eles Marie Slodowska Curie. Ela foi uma das grandes mulheres pesquisadoras do século passado. Foi a primeira mulher a ganhar o prêmio Nobel, em 1903. Oito anos depois ela ganharia seu segundo prêmio Nobel. Assim, ela foi a primeira pessoa a ganhar dois prêmios Nobel na área da ciência.

Suas pesquisas ao longo de sua vida giraram em torno da radioatividade, principalmente dos elementos químicos Rádio e Polônio que foram de grande contribuição para a física nuclear e da terapia a base de radiações. Não foi tão simples para Marie alcançar tudo o que ela conquistou.

Apesar de muitos altos e baixos em sua vida familiar, em 1894 ela concluiu duas graduações, tornando-se bacharel em matemática e física. Neste mesmo ano ela conheceu o cientista francês Pierre Curie. Ele estava terminando sua tese de doutorado que tratava do efeito calor sobre propriedades magnéticas. Marie também tinha conhecimento e estudos nesse campo, podendo ser coincidência ou não, Marie e Pierre se casaram.

Em 1897 Marie começou a estudar aquilo que Becquerel não conseguia solucionar, aquela radiação emitida pelo sal duplo de Urânio. E a pesquisa de Marie Curie era tão impressionante que atingiu o marido Pierre. Que se uniu a ela, largando sua pesquisa ao perceber a importância do trabalho de Marie.

Ambos detectaram que um minério de nome Pechblenda era altamente radioativo, entretanto o Urânio extraído desse minério emitia uma radiação bem menor do que a própria Pechblenda. O casal conduziu a hipótese de que havia um novo elemento altamente radioativo na Pechblenda.

Depois do processo de separação do minério eles obtiveram uma quantidade mínima de um material que se comportava como o Bismuto do ponto de vista químico,

contudo era fortemente radioativo. A esse elemento chamaram de Polônio, em homenagem à terra natal de Marie.

Foi descoberto pelo casal que o Polônio era 400 vezes mais radioativo que o Urânio. Mas nem mesmo um nível de radiação tão alto justificava o índice encontrado na Pechblenda, o que os levava a acreditar que só poderia haver outro elemento ainda mais radioativo que o Polônio presente nela. Após um contínuo processo cansativo de separação, eles conseguiram separar uma segunda substância que era 900 vezes mais radioativa que o Urânio. A essa substância chamaram de **Rádio**.

Em 1903, eles ganharam o prêmio Nobel de Física por determinar as propriedades químicas do Rádio. Mas em 1911, Maria ganhou mais uma vez o prêmio Nobel em química.

Tendo o conhecimento do risco de contaminação por Radio, Marie jamais aceitou fazer um exame, mas exigia exames frequentes a seus ajudantes e alunos. Em julho de 1934, Marie foi vítima de sua própria descoberta, falecendo devido a uma leucemia causada pela longa exposição aos elementos radioativos.

Após esta abordagem sobre Marie Curie especialmente sobre a radioatividade dos elementos químicos. Neste momento da abordagem da aula, seria de interesse do professor, para buscar a curiosidade e interesse entre os alunos, fazer o seguinte questionamento com os alunos:

1. O que você sabe sobre raios-x? O que vem á sua cabeça quando falamos sobre isso?
2. E Para que serve?
3. Que tipo de radiação o aparelho de raios-x emite?

3.3 RAIOS-X: HISTÓRIA E APLICAÇÕES

Agora, vamos falar de outro tipo de radiação, os raios-x. O que você sabe sobre raios-x? O que vem á sua cabeça quando falamos sobre isso? E para que serve?

Discutindo este tema, o vídeo 6, intitulado “Ondas eletromagnéticas – Parte 3”²² aborda o que seria os raios-x e sua relação com a tecnologia, tanto aplicada à saúde como às pesquisas científicas.

Figura 17. Vídeo 4 - Ondas Eletromagnéticas – parte 3



Fonte: Adaptado do vídeo pelo Autor

É importante o professor discutir com os alunos sobre o que seriam os raios-x, lembrando o espectro eletromagnético já estudado e suas diversas aplicações. Normalmente, este tipo de radiação só é relacionado às imagens radiográficas. Deste modo, este vídeo pode trazer à tona novas formas de utilização desta radiação, principalmente relacionadas às tecnologias aplicadas no desenvolvimento científico, como estudo de estruturas atômicas e cosmologia.

3.3.1 Geração de raios-x e formação da Imagem Radiográfica

Uma *radiografia*, processo de produção de imagens, também é comumente denominada de *exame de raios-x*. Deste modo, a palavra *raios-x* geralmente é associada este tipo de exame. Mas como esta radiação (raios-x) pode ser utilizada, por exemplo,

²²https://www.youtube.com/watch?v=9qNzGxR_Z4U. Acesso em 2 de julho de 2017.

para analisar a estrutura óssea, detectar tumores e localizar objetos estranhos internos ao corpo.

A formação da imagem radiográfica ocorre primeiramente posicionamento o paciente sobre a mesa e colocando o écran (porta filme) na gaveta da mesa embaixo do paciente, o técnico manuseia o tubo de produção de raios-X sob o paciente no local que deseja ser feita a imagem diagnóstica.

Após preparar os comandos das máquinas, emite um fóton que atravessa o paciente e aloja-se no filme radiográfico que esta dentro de écran, este fóton queima os brometos de prata (AgBr) deixando a imagem fixada no filme que será revelada em uma processadora. A onda eletromagnética não penetra nos ossos, por causa disso que se tem a imagem radiográfica.

Figura 18. Radiografia tirada por Wilhelm Röntgen, o descobridor dos raios-x.



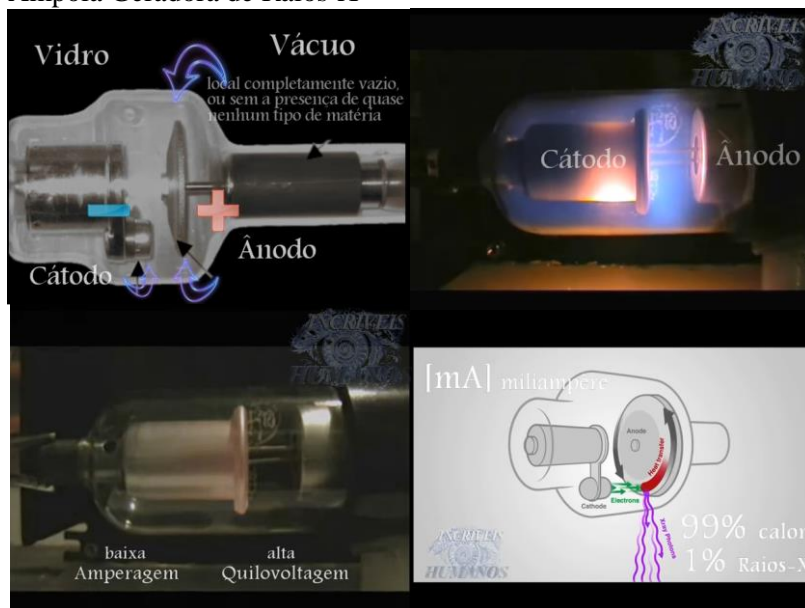
Fonte: Site “Raios Xis”²³

Mas como a radiação x pode ser produzida nas máquinas que fazem este tipo de exame? Isto é o que aborda o vídeo nº7 “Produção dos raios-x [Parte1] Componentes e Funcionamento da Ampola Geradora de Raios-X”²⁴ que ilustra como, eletronicamente, essa radiação pode gerada.

²³ <https://raiosxis.com/primeira-radiografia>

²⁴ https://www.youtube.com/watch?v=D_M4BXy_Bzw. Acesso em 2 de julho de 2017.

Figura 19. Vídeo 5 - PRODUÇÃO DOS RAIOS-X [Parte1] Componentes e Funcionamento da Ampola Geradora de Raios-X



Fonte: Adaptado do vídeo pelo autor.

O vídeo descreve como é gerada a nuvem de elétrons que resulta na radiação x. Isso ocorre quando elétrons em alta velocidade se chocam com um alvo metálico. O vídeo também descreve o funcionamento da ampola, que é o envoltório de vidro de alta resistência que contém no seu interior vácuo, e dois polos denominados ânodo (positivo) e cátodo (negativo).

3.3.2 A história dos raios-x

Os raios X foram descobertos pelo físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen, em 1895, quando utilizou a mão esquerda da sua esposa, Anna Bertha Roentgen, e realizou a primeira radiografia, que lhe rendeu em 1901 o prêmio Nobel de Física, já apresentado na Figura 18.

Esta descoberta causou grande avanço no meio médico, pois possibilitou a melhoria no diagnóstico de patologias. Com o tempo foram surgindo diversas modificações nos equipamentos, como tubos de raios x, grades antidifusoras e diafragmas com a finalidade de diminuir a quantidade de raios x e, conseqüentemente, reduzir a exposição do paciente.

Logo após descobertos por Whilhelm C. Roentgen, os raios-x começaram a ser utilizados em diagnóstico e terapêutica, tendo Emil A. Grubbe como um de seus percursores. Em 1896, Pierre e Marie Curie descobriram o Radium 226, introduzindo-o ao tratamento terapêutico.

Inicialmente as doses eram avaliadas pelas reações induzidas na pele e a unidade correspondente foi denominada “dose eritema”. A dose administrada era avaliada segundo a intensidade do eritema.

Os progressos da física médica na década de 30 permitiram quantificar as doses de radiação e estabelecer uma relação entre quantidade e efeito biológico.

O desenvolvimento da física e da engenharia nuclear proporcionaram um grande avanço na produção de materiais radioativos obtidos artificialmente, propiciando novas fontes (entre elas o cobalto 60) com diferentes características para uso em terapias.

Esses avanços na área de física associados a uma melhor compreensão dos mecanismos bioquímicos da interação da radiação com a matéria trouxeram as bases teóricas para tratamentos que concentram grandes doses de radiação em um determinado volume alvo, protegendo os tecidos normais e lesando ao máximo os tecidos tumorais.

3.4 RADIOTERAPIA

Antes de mencionar aos alunos o título do próximo conteúdo, o professor pode questioná-los:

- Quais os tratamentos utilizados contra o câncer?
- Vocês conhecem algum?

Possivelmente, os alunos irão mencionar a radioterapia e a quimioterapia. Isto propiciará uma discussão sobre o que eles sabem destes tratamentos e a partir desta introdução, o professor pode iniciar a abordagem do tema.

A radioterapia se baseia no emprego da radiação para tratamento, utilizando vários tipos de energia que podem atingir o local dos tumores ou áreas do corpo onde se alojam as enfermidades, com a finalidade de destruir suas células. A radioterapia pode ser usada para dar alívio ao paciente e melhorar a qualidade de vida, diminuir o tamanho

dos tumores, diminuir ou estancar hemorragias, ou atuar sobre outros sintomas, como dor.

A radiação danifica o material genético da célula do tumor evitando que ela cresça e se reproduza. As células cancerígenas crescem e se multiplicam muito mais rapidamente do que as células normais que as rodeiam. O tratamento se baseia justamente na fase de multiplicação celular.

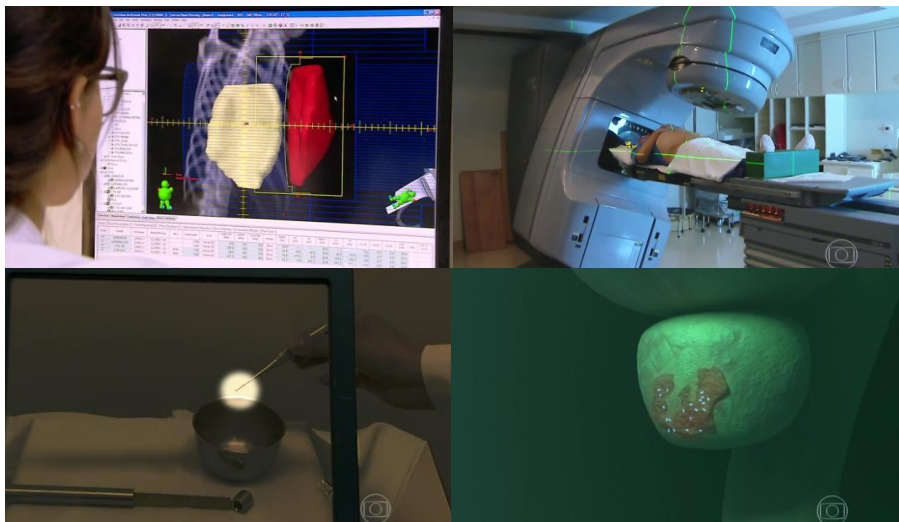
3.4.1 Como é feito o tratamento

Existem duas formas de tratamento com radiação: a teleterapia e a braquiterapia, que podem ser utilizadas isoladamente ou de forma combinada. A teleterapia, ou radioterapia externa, é a forma de radioterapia mais frequentemente empregada. Os raios, produzidos por um acelerador linear, são direcionados para o corpo do paciente, atingindo o tumor e as regiões mais próximas. Na braquiterapia a radiação provém de materiais radioativos que são colocados no interior do paciente, próximos às estruturas a serem tratadas, de forma temporária ou permanente.

Para concluir o tema de radioterapia pode-se apresentar o vídeo 8 “Radioterapia é um dos tratamentos eficazes para destruir as células cancerígenas no corpo”²⁵ de duração de 02:29 min.

Figura 20. Vídeo 8 - Radioterapia é um dos tratamentos eficazes para destruir as células cancerígenas no corpo

²⁵ <http://g1.globo.com/bemestar/videos/t/edicoes/v/radioterapia-e-um-dos-tratamentos-eficazes-para-destruir-as-celulas-cancerigenas-no-corpo/3126272/>. Acesso em 31 de maio de 2017.



Fonte: Adaptado do vídeo pelo autor.

3.4.2 Efeitos das Radiações

Efeito Biológico das radiações ionizantes:

A exposição à radiação ionizante pode ocasionar efeitos biológicos em órgãos e tecidos. Isto acontece por causa da produção de íons e deposição da energia, que podem danificar moléculas importantes como o DNA.

Devido a esta situação, pode ocorrer a produção de radicais livres, que são as moléculas quimicamente reativas com elétrons desemparelhados, os quais são produzidos pela interação da radiação ionizante com os tecidos, induzindo as quebras cromossômicas e aberrações de diversos tipos. A quantidade do dano biológico produzido depende da energia total depositada, ou seja, da dose de radiação.

Ao se considerar, que as informações genéticas são encontradas no núcleo das células e as funções metabólicas ocorrem no citoplasma, as radiações podem induzir a quebra da molécula do DNA, ou mesmo causar um dano genético ou somático.

A molécula de DNA carrega o código genético necessário para o metabolismo celular, este que quando a célula se divide é igualmente duplicado. Geralmente o dano causado pela radiação é reparado, entretanto, quando isso não acontece, pode-se levar a três alternativas: morte celular, incapacidade de reprodução ou modificação celular permanente.

Os seres humanos são constituídos de células germinativas, que estão envolvidas na reprodução humana, e de células somáticas. A divisão das células reprodutivas é referida como meiose, e a mitose representa a divisão das células somáticas. Os estágios

dessa divisão incluem a prófase e a metáfase, que são as fases mais sensíveis às radiações.

Quando células são submetidas a elevadas taxas de radiação, pode ocorrer a morte celular, definida como a perda da capacidade reprodutiva. As células com hipóxia são mais sensíveis à radiação e, portanto, a medula óssea, o esperma e os tecidos linfáticos são mais sensíveis do que o tecido nervoso.

O mecanismo de interação da radiação com a célula pode ser de dois tipos: do tipo direto de DNA ou, mais comumente, o tipo indireto, quando há formação de radicais livres que ionizam o citoplasma e afetam o DNA.

Classificam-se os efeitos biológicos conforme sua variação quanto:

- Ao tempo de manifestação;
- Ao tipo de célula atingida;
- À quantidade de energia depositada.

Ao tempo de manifestação:

Efeitos Tardios

- característicos de exposições a pequenas doses
- Manifestam-se em anos ou dezenas de anos (seres humanos)

Exemplo: câncer

Efeitos Agudos

- Característicos de exposições a doses elevadas
- Manifestam-se em, no máximo, dois meses (seres humanos).

Exemplos: eritema, síndrome aguda.

Ao tipo de célula atingida:

Efeitos Somáticos:

- Alterações provocadas pela interação da radiação ionizante com qualquer célula do organismo, exceto as reprodutivas.
- Manifestam-se no próprio indivíduo irradiado

- Exemplos: câncer, catarata.

Efeitos Genéticos (hereditários):

- Alterações provocadas pela interação da radiação ionizante com as células reprodutivas do organismo.
- Manifestam-se nos descendentes do indivíduo irradiado
- Exemplos: mutações genéticas.

À quantidade de energia depositada.

Efeitos Estocásticos:

Para baixas taxas de exposição, os efeitos deletérios das radiações são estocásticos, em que não existe um limiar de dose, ou seja, o dano pode ser causado por uma dose mínima de radiação. O aumento da dose somente aumenta a probabilidade e não a severidade do dano. A severidade é determinada pelo tipo e localização do tumor ou pela anomalia resultante.

Os efeitos estocásticos causam uma alteração aleatória no DNA de uma única célula que, porém, continua a reproduzir-se e que levam à mutação celular.

No entanto, o organismo apresenta mecanismos de defesa muito eficientes. A maioria das transformações neoplásicas não evolui para câncer. Quando este mecanismo falha, após um longo período de latência, o câncer então aparece. O tempo de latência para indução do câncer é maior para tumores sólidos do que para leucemia, e pode surgir em poucos anos. A indução do câncer da tireoide pela radiação é mais frequente para mulheres e crianças do que para homens.

Os efeitos são cumulativos: quanto maior a dose, maior a probabilidade de ocorrência. Quando o dano ocorre em célula germinativa, efeitos hereditários podem ocorrer.

Efeitos Determinísticos (não-estocásticos):

Para doses maiores que 0,5 Gy (50 rad) o efeito da radiação é chamado determinístico ou, mais comumente, não estocástico.

Existe uma relação previsível entre a dose e a dimensão do dano esperado, sendo que estes só aparecem a partir de uma determinada dose. A probabilidade de ocorrência e a severidade do dano estão diretamente relacionadas com o aumento da dose. Os efeitos determinísticos geralmente levam à morte celular.

Quando a destruição celular não pode ser compensada, se a dose estiver acima do limiar, efeitos clínicos podem aparecer. Entretanto, indivíduos diferentes apresentam sensibilidade diferente e, portanto, limiares diferentes. Exemplos de efeitos determinísticos são: leucopenia, náuseas, anemia, catarata, esterilidade, hemorragia, entre outros.

Quadro 1 - Ilustrativa das doses x danos x tempo de sobrevida

Dose absorvida de corpo inteiro (Gy)	Principal dano que contribui para a morte	Tempo de vida após a exposição (dias)
3-5	Danos na medula óssea	30-60
5-15	Danos gastrointestinais e pulmonares	10-20
>15	Danos no SNC	1-5

Fonte: Adaptado Dimenstein e Hornos (2001)

➤ O professor passa a explicar agora as outras aplicações da radiação, um breve resumo de como a radiação é aplicado na medicina, agricultura, indústria e arqueologia.

3.5 OUTRAS APLICAÇÕES DA RADIAÇÃO EM NOSSO COTIDIANO

Discutimos neste módulo principalmente dois tipos de aplicações das radiações na medicina: diagnóstico e radioterapia. No entanto, outras áreas também utilizam as radiações para objetivos distintos. Podem ser aplicadas também, por exemplo, na agricultura, indústria e arqueologia.

3.5.1 RADIAÇÃO NA AGRICULTURA

A utilização da radiação na agricultura inclui a irradiação de alimentos (Figura 21), controle de pragas, estudos relacionados à nutrição animal, as aplicações de

radioisótopos em estudos ambientais e agropecuários. Também podemos incluir a utilização na física do solo com técnicas nucleares, estuda os efeitos da poluição sobre as águas e sobre o sistema do solo/planta/atmosfera, possibilitando ao homem a preservação e conservação da água e do solo em sistemas agrícolas.

Figura 21 - Fruta irradiada versus fruta sem irradiação

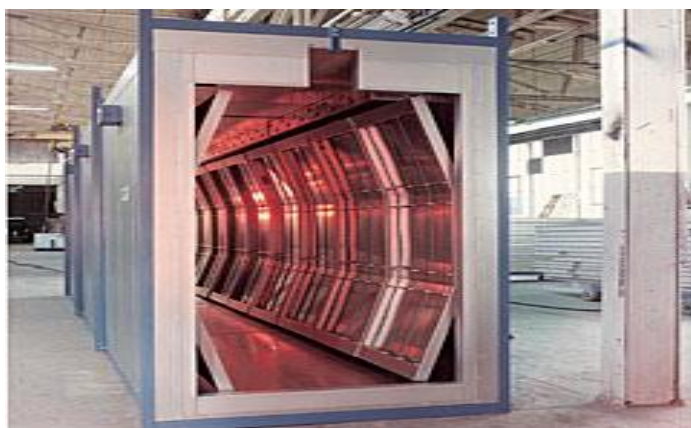


Fonte: Guimarães, Piqueira e Carron (2017).

3.5.2 RADIAÇÃO NA INDÚSTRIA

A utilização na indústria, por exemplo, pode ocorrer através avaliação de desgastes de motores. Na indústria farmacêutica e nos hospitais, as radiações podem ser usadas na esterilização de luvas cirúrgicas, cateteres e seringas.

Figura 22 - Forno Infravermelho Industrial para verificação de peças soldáveis



Fonte: Guimarães, Piqueira e Carron (2017)

3.5.3 RADIAÇÃO NA ARQUEOLOGIA

Uma das grandes aplicações da radioatividade na arqueologia é a datação de rochas, fósseis e peças antigas. Que essa técnica, que consiste em comparar a quantidade de carbono-14 presente no organismo atual com a existente antes do organismo morrer.

3.6 REJEITOS RADIOATIVOS

A problemática que resulta em discussões sobre a produção de resíduos nucleares, que esta presente nos equipamentos de raios-x, radioterapia, tomografia, entre outros, gira em torno de dois pontos básicos.

O primeiro ponto diz a respeito aos produtos da fissão: resíduos radioativos inerentes ao processo de fusão que também são conhecidos como lixo atômico. Além de alguns serem altamente tóxicos, são responsáveis por uma atividade radioativa que podem chegar, em alguns casos, a milhares de anos.

O Quadro 2 apresenta alguns produtos de fissão e sua meia-vida em anos. Meia-vida é a quantidade de ano em que os elementos são radioativos.

Quadro 2. Produtos de fissão e meia-vida correspondente

Nuclídeo	Meia-vida (anos)
Estrôncio-90	29
Rutênio-106	1
Césio-134	2
Césio-137	30
Promécio-147	2,6
Urânio-238	4.468.000.000

Fonte: Guimarães, Piqueira e Caron (2017).

O segundo ponto refere-se aos riscos de vazamento de radiações das usinas nucleares, que podem colocar em perigo a vida das pessoas em geral, principalmente aquelas que moram próximas as usinas nucleares.

Três exemplos de acidentes com reatores nucleares foram: em 1979 na usina de Three Miles Island, nos Estados Unidos, 1986 na usina de Chernobyl na Ucrânia e em

2011 na usina de Fukushima no Japão. Estes acidentes chamaram a atenção do mundo todo, gerando mais discussões sobre esse tipo de reatores. Principalmente devido que estes acidentes além de afetarem o meio ambiente, afetam a população que mora ao redor e podem afetar também as futuras gerações.

Outros fatores que também devem ser levados em consideração é o nível de atividade radioativa e o volume ocupado. O rejeito radioativo dos reatores geralmente ocupa pouco espaço, porém tem elevado nível de radiação. Enquanto que o rejeito da mineração do urânio é de baixa atividade, mas ocupa grandes volumes.

O armazenamento dos rejeitos radioativos seja talvez o único custo realmente das usinas nucleares. Pois uma solução definitiva ainda não existe. Os métodos mais comuns de armazenamento são:

- Confinamentos em contêiner blindados e reforçados
- “Sepultamento” em bunkers de concreto, após cinco anos de resfriamento nas piscinas dos reatores.
- O confinamento em depósitos geológicos profundos, como em tuneis escavados em montanhas.
- Depositados no fundo do mar.

Exercícios

Estas questões a seguir podem ser proposta aos alunos. As questões abordam o topico de raios-x
Respostas: 1. (c); 2. (b); 3. (a); 4 e 5 abertas.

01 – (Puc – RS) Em 1985, o físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen descobriu os raios X, que são usados principalmente na área médica e industrial. Esses raios são:

- a) Radiações formadas por partículas alfa com grande poder de penetração.
- b) Radiações formadas por elétrons dotados de grandes velocidades.
- c) Ondas eletromagnéticas de frequências maiores que as das ondas ultravioletas.
- d) Ondas eletromagnéticas de frequências menores do que as das ondas luminosas.
- e) Ondas eletromagnéticas de frequências iguais as das ondas infravermelhas.

02-(UFGRS_RS) Os raios X são produzidos em tubos de vácuo, nos quais elétrons são submetidos a uma rápida desaceleração ao colidir contra um alvo metálico. Os raios X constituem um feixe de :

- a) Elétrons
- b) Fótons
- c) Prótons
- d) Pósitrons
- e) Nêutrons

03-(ENEM) Um problema ainda não resolvido da geração nuclear de eletricidade é a destinação dos rejeitos radiativos, o chamado “lixo atômico”. Os rejeitos mais ativos ficam por um período em piscinas de aço inoxidável nas próprias usinas antes de ser, como os demais rejeitos, acondicionados em tambores que são dispostos em áreas cercadas ou encerrados em depósitos subterrâneos secos, como antigas minas de sal. A complexidade do problema do lixo atômico, comparativamente a outros lixos com substâncias tóxicas, se deve ao fato de:

- a) emitir radiações nocivas, por milhares de anos, em um processo que não tem como ser interrompido artificialmente.
- b) acumular-se em quantidades bem maiores do que o lixo industrial convencional, faltando assim locais para reunir tanto material.
- c) ser constituído de materiais orgânicos que podem contaminar muitas espécies vivas, incluindo os próprios seres humanos.
- d) exalar continuamente gases venenosos, que tornariam o ar irrespirável por milhares de anos.
- e) emitir radiações e gases que podem destruir a camada de ozônio e agravar o efeito estufa.

04- O que significa dizer que determinado elemento químico é radioativo?

05- Se os Raios X podem danificar os tecidos humanos, o que justifica a sua utilização em diagnóstico médico?

MÓDULO 4: VISITA TÉCNICA

Objetivo deste Módulo uma aula interativa e analisar, durante a visita técnica, como acontece o funcionamento dos aparelhos de Raios-X, Tomografia Computorizada e Ressonância Magnética, possibilitando um maior conhecimento e podendo deste modo visualizar na prática os conhecimentos teóricos adquiridos.

Atividade 1. Visita técnica

A aula de visita técnica é facultativa, ou seja, aos professores que tiverem a possibilidade de realizar esta atividade é um extra para o conhecimento de seus alunos. No entanto, aos que não conseguirem realizar este módulo também não há problema, sugiro que então apresente uma aula demonstrativa com os equipamentos que são utilizados em um laboratório ou hospital, para que os estudantes consigam da mesma forma associar os conhecimentos adquiridos da mesma forma dos alunos que participaram da aula prática/visita técnica.

Pedir para os alunos fazerem um relatório sobre a visita técnica. Pode ser usado o modelo abaixo.

RELATÓRIO VISITA TÉCNICA

Nome da Instituição:

Alunos:

Turma:

Data da Visita:

Nome do Professo:

1. Objetivo da Visita?
2. Quais pontos observados durante a visita técnica foram vistos em sala de aula?
3. A visita técnica colaborou para o seu conhecimento? Como?
4. Conclusão sobre a visita técnica.

MÓDULO 5: AVALIAÇÃO FINAL

Objetivo avaliar o conhecimento adquirido pelos alunos até o momento.

Atividade 1. Questionário final

Para a avaliação final dos conhecimentos dos alunos sobre radiação, pode ser aplicado o questionário a seguir.

Este questionário pode ser usado juntamente com o questionário inicial para analisar e mesurar o aprendizado durante os módulos anteriores.

Questionário Final

1. O que vem à sua mente quando ouve esta palavra: RADIAÇÃO
2. O que é radiação?
3. Como se propaga?
4. A radiação pode fazer mal ao nosso organismo? O que pode causar?
5. A radiação pode ser utilizada para nos auxiliar em alguma situação ou aplicada para melhorar nossa saúde? Em que situações?
6. Desenhe o esquema das emissões das radiações alfa, beta e gama.
7. Qual o procedimento de uma pessoa ao ser contaminada por radiação?

CONSIDERAÇÕES SOBRE A SEQUÊNCIA DIDÁTICA PROPOSTA

A Física das Radiações é trabalhada com os alunos geralmente ao final do terceiro ano do ensino médio, mas muitas vezes acaba ignorada. Esse resultado pode estar relacionado à falta de tempo hábil ou ainda a insegurança do professor em abordar tal conteúdo. Neste contexto, um material de apoio que aborde as aplicações deste tema no contexto diário dos alunos, é de suma importância.

Diante disto, esta SD foi elaborada com o intuito de trabalhar o conteúdo de física das radiações com o cotidiano dos alunos, ou seja, utilizar as relações de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), com enfoque na radiologia.

Os resultados obtidos com a aplicação da SD em sala de aula demonstraram uma evolução gradativa do conhecimento dos alunos referentes aos conceitos trabalhados na SD, por meio de questionários e participação durante as aulas.

Com a utilização da CTS, foi possível realizar uma abordagem dinâmica, com satisfatória participação e interação dos alunos, nos indicando que a intervenção realizada com esta SD alcançou os objetivos propostos inicialmente.

REFERÊNCIAS:

ALMEIDA, E. V., **A Radioatividade e suas aplicações**. Monografia. Universidade de São Paulo - São Paulo, 2004.

ALMEIDA, V. N.; **O Ensino de Química com Enfoque Ciências, Tecnologia e Sociedade na Educação de Jovens e Adultos**. Universidade Luterana do Brasil – Canoas, 2008.

ARTUSO, A. R., WRUBLEWSKI, M., **Física**. Vol. 3, 1ª ed., Curitiba, Editora Positivo, 2013.

BIRAL, A. R., **Radiações ionizantes para médicos físicos e leigos**. Editora Insular, Florianópolis 2002.

BISCUOLA, G. J., BOAS, N. V., DOCA, R. H., **Física**. Vol. 3, 2ª ed., São Paulo, Editora Saraiva, 2013.

BONJORNO, J. R.; BONJORNO, R. F. S. A.; BONJORNO, V.; RAMOS; C. M.; PRADO, E. P.; CASEMIRO, R. **Física: termologia, óptica, ondulatória**. Editora FTD, 2º ed. São Paulo, 2013.

BONJORNO, J. R; BONJORNO, R. A.; BONJORNO, V.; RAMOS, C. M. **Física novo fundamental**. Editora FTD, São Paulo, 1999.

BONJORNO, J. R., *et al.* **Física – Eletromagnetismo e Física Moderna**. São Paulo, FTD. - Vol. 1, 2ª Ed., 2013.

BRASIL, Ministério da Saúde Secretaria de Vigilância Sanitária, Portaria N° 453: **Estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, dispõe sobre o uso dos raios-X diagnósticos em todo território nacional e dá outras providências**. 01 de junho de 1998. Disponível em: <<http://saude.es.gov.br/Media/sesa/NEVS/Servi%C3%A7os%20de%20sa%C3%BAde%20e%20de%20interesse/portaria453.pdf>> acesso em ago 2017.

CARRON, W.; PIQUEIRA, J. R.; GUIMARÃES, O.; **Física: ensino médio**. Editora Ática, vol. 3, parte 2, São Paulo, 2017.

DIMENSTEIN, R.; HORNOS, Y. M. M., **Manual de proteção radiológica aplicada ao radiodiagnóstico**, Editora SENAC, São Paulo 2001.

FERRARO, N. G., TORRES, C. M. A., PENTEADO, P. C. N., **Física**, São Paulo, Ed. Moderna, 2013.

FILHO, A. G., TOSCANO, C., **Física – Interação e Tecnologia**. Vol. 3, 1ª ed., São Paulo, Editora Leya, 2013.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W.; **Física: eletromagnetismo e física moderna**. 2 ed. Editora Ática, São Paulo 2017.

MAXIMO, A. R., ALVARENGA, B., **Física – Ensino médio**. Vol3, 1ª ed., São Paulo, Editora Scipione, 2013.

MORAES, A. F.; JARDIM, V.; **Manual de Física Radiológica**. Editora Yendis, São Paulo, 2011.

PIETROCOLA, M. et al. **Física em contextos**, vol. 3, 1ª ed. São Paulo, Editora do Brasil, 2016

SANT'ANNA, B., *et. al*, **Conexões com a Física**. Vol. 3, 1ª ed., São Paulo, Editora Moderna, 2013.

SARDELLA, A. **Química**. Editora Ática, vol. único, São Paulo, 2005.

SCAFF, L. A. M.; **Radiologia: Bases físicas para técnicos**. Editora Projeto Saber, São Paulo, 2004.

SILVA, C. X. FILHO, B. B., **Física: aula por aula**. Vol. 3, 2ª ed., São Paulo, Editora FTD, 2013.

TORRES, C. M. A., *et al.*, **Física: Ciência e Tecnologia**. Vol. 3, 3ª ed., São Paulo, Editora Moderna, 2013.

TRIPLER, A. P.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**. Editora LTC, vol. 1, ed. 5, São Paulo, 2006.

YAMAMOTO, K., FUKU, L. F., **Física: para o ensino médio**. Vol. 3, 4ª ed. São Paulo, Editora Saraiva, 2017.