



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CAMPUS ROLIM DE MOURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS DA
NATUREZA (PGEEN)**

EDILEUZA SANTOS PIRES

**DISSEMINAÇÃO DA CULTURA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA
EMPREGADA NO ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA NOS ANOS FINAIS DO
ENSINO FUNDAMENTAL**

ROLIM DE MOURA-RO

2022



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CAMPUS ROLIM DE MOURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA
(PGE CN)**

EDILEUZA SANTOS PIRES

**DISSEMINAÇÃO DA CULTURA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA
EMPREGADA NO ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA NOS ANOS FINAIS DO
ENSINO FUNDAMENTAL**

Texto apresentado para qualificação apresentado ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências da Natureza, da Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), sob orientação da Prof^ª. Dr^ª. Maria Rosangela Soares, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências da Natureza.

ROLIM DE MOURA-RO

2022

FICHA CATALOGRÁFICA GERADA

Catálogo da Publicação na Fonte
Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR

S237d Pires, Edleuza Santos.
Disseminação da Cultura de Proteção Radiológica Empregada no Ensino de Ciências da Natureza nos Anos Finais do Ensino Fundamental / Edleuza Santos Pires. - Rolim de Moura, 2022.

91f.: il.

Orientador: Maria Rosângela Soares.

Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Natureza - PGEEN, Fundação Universidade Federal de Rondônia.

1. Ensino de Ciências. 2. Material Paradidático. 3. Radiação Ionizante. I. Soares, Maria Rosângela. II. Título.

Fernando Pessoa

CDU 37

Bibliotecário(a): NAGILA NERVAL CHAVES

CRB-6/363



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA - ROLIM DE MOURA

ATA DE DISSERTAÇÃO

Aos vinte e nove dias do mês de agosto de dois mil e vinte dois, às 13:30 h, reuniu-se por meio digital, via Google meet pelo link: <https://meet.google.com/xun-hkdo-fad>, a banca examinadora designada pela Portaria nº 101/2022/CRM/UNIR, constituída pelos professores, Prof.ª Dr.ª Maria Rosângela Soares (Presidente - UNIR/RO), Prof.ª Dr.ª Hestia Raíssa Batista Reis Lima (IFS/SE), Prof. Dr. Wilson Otto Gomes Batista (IFBA/BA), Prof. Dr. João Vinícius Batista Valença (UFCSPA/RS) para o Exame de Defesa de Dissertação de Mestrado de Edileuza Santos Pires, com o texto intitulado: "DISSEMINAÇÃO DA CULTURA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EMPREGADA NO ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL". Inicialmente o presidente agradeceu a presença de todos e comunicou o tempo de apresentação da mestranda. A apresentação iniciou-se às 13:30 h, e concluída às 14:15 h. Após a apresentação, os membros da Banca Examinadora arguíram a mestranda. A arguição terminou às 15:30 h. Em seguida, a banca deliberou reservadamente, e decidiu pela APROVAÇÃO da mestranda no Exame de Defesa de Dissertação de Mestrado, como versa o regimento do PGEEN. Nada mais havendo a tratar, a sessão foi encerrada às 15:36 h, eu, Prof.ª Dr.ª Maria Rosângela Soares, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e demais membros da banca.



Documento assinado eletronicamente por **MARIA ROSANGELA SOARES, Presidente da Comissão**, em 29/08/2022, às 16:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Wilson Otto Gomes Batista, Usuário Externo**, em 29/08/2022, às 16:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **João Vinícius Batista Valença, Usuário Externo**, em 29/08/2022, às 16:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Documento assinado eletronicamente por **Héstia Raíssa Lima Precoma, Usuário Externo**, em 29/08/2022, às 16:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.unir.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1082867** e o código CRC **85BE7561**.

DEDICATÓRIA

Dedico esta pesquisa à minha mãe (in memoriam), mulher aguerrida, de uma força invejável. Me ensinou a sonhar e ser resiliente diante de qualquer desafio que a vida venha me apresentar.

Sei que, apesar de não estar presente fisicamente, continua a vibrar com minhas conquistas, espero, um dia, poder nos reencontrarmos novamente, nos abraçarmos e celebrar o reencontro.

À minha irmã Daniele Pires, por seu companheirismo, carinho e incentivo.

A meu companheiro Múcio Martins, por todo amor, incentivo, apoio e compreensão. Gratidão por respeitar e apoiar esta jornada, que se tornou menos difícil com seu suporte, entendendo o meu isolamento e distanciamento em inúmeros dias/meses nos últimos dois anos.

A meu filho Wesley, minha nora Sueli e meu neto (príncipe) Antony, por todo carinho, incentivo, apoio e compreensão. A vocês todo meu amor e carinho.

À minha amiga Janete Bortoluzzi, por toda consideração e apoio constante, mesmo distante sempre me motivou.

AGRADECIMENTOS

A **Cristo**, pelo presente da vida e por me permitir alcançar tantos sonhos nesta existência. Obrigada por consentir que minha família, minhas amigas/os, minhas/eus mestres e eu, sobrevivêssemos a esta pandemia que ceifou milhões de vidas no mundo. Agradeço ainda, por me permitir errar, aprender e crescer, por Seu infinito amor, pela Sua voz “invisível” que não me permitiu desistir, enfim, obrigada por tudo.

A **Prof^a. Dr^a. Maria Rosangela**, pela orientação, maestria, eficiência, competência e dedicação tão importantes. Me permitiu sair da zona de conforto, desafiando-me a buscar o novo e nessa busca, me fez agregar saberes que levarei para a vida. Inúmeras foram as vezes que nos reunimos e, embora em algumas eu chegasse cansada e desestimulada, bastavam poucos minutos de diálogo e umas poucas palavras de encorajamento e lá estava eu, com o mesmo ânimo do início do curso. Sou imensamente grata por acreditar em mim e por todos os corretivos, elogios e incentivos. Tenho plena certeza que não chegaria nesta etapa sem o seu auxílio. Você foi e está sendo muito mais que orientadora: para mim será sempre um exemplo de mestra.

A **UNIR**, em especial ao *campus* de Rolim de Moura-RO e todas/os metras/es, pela oportunidade dada para a realização deste curso e desta dissertação, tão importantes para meu crescimento pessoal e profissional.

As **Prof^{as}. Dr^{as}. Kachia e Bianca** coordenadoras do **PGECN**, pelas instruções, preocupações e suportes oferecidos durante todo o curso, principalmente em momentos difíceis. Agradeço ainda pelas conversas breves, porém importantíssimas.

Aos membros da banca de qualificação, Prof^a Dr^a. **Héstia Raíssa Lima Precoma** e Prof. Dr^o. **Wilson Otto Gomes Batista**, que tão gentilmente aceitaram participar e colaborar com esta dissertação.

Aos colegas do **PGECN** e, em especial, ao Kellyson, Flávia, Fernanda, Alessandra e Raquel Plaster, pelas trocas de materiais de pesquisa, questionamentos e discussões que muito agregaram a esta pesquisa.

À minha **família**, irmão(os), sobrinhas(os), cunhadas(os). Meu filho **Wesley**, que durante o curso me fez ser uma mãe melhor, meu neto **Antony**, paixão maior de minha vida, **Sueli**, filha que adotei e que me deu uma grade presente (Antony), gratidão ao meu companheiro **Múcio**, pela paciência e pela compreensão. À todas/os, sou imensamente grata pela compreensão de minha ausência e meu isolamento em inúmeros feriados e finais de semana.

As amigas, **Janete, Alessandra e Vagnéia**. A música “Amigos para sempre”, de Jayne, descreve, de forma indiscutível, o quanto vocês são importantes para mim.

Por fim, a todas/os aquelas/es que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta dissertação, os meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

Como um dos principais fenômenos naturais, que ocorre desde a formação do universo, a radiação é também responsável pela evolução e existência da vida na Terra. Diante deste contexto, questiona-se - Por que é desprezado o conteúdo “o estudo das radiações” no ensino de ciências da natureza, em especial no ensino fundamental II da educação básica? O objetivo geral é analisar, mediante pesquisa bibliográfica, como os principais documentos norteadores da educação básica do sistema educacional brasileiro apresentam o conteúdo das radiações no ensino de Ciências do ensino fundamental II e propor um material paradidático que responda a esta necessidade. Para o desenvolvimento deste estudo, seguiram-se os seguintes passos: análise detalhada dos documentos oficiais da educação básica, revisão bibliográfica sistemática visando identificar, selecionar e avaliar criticamente estudos primários relacionados ao assunto da pesquisa e elaboração do material paradidático. Assim, os dados obtidos pela pesquisa, revelaram que houve avanços, significativos, relacionados ao tema das radiações, quando analisado o que orientava os Parâmetros Curriculares Nacionais e o que, hoje, orienta a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Porém, a BNCC apresenta o tema de forma velada e sem uma interligação entre as unidades temáticas e os objetos de conhecimento. Neste sentido, observa-se a necessidade de um material que ofereça suporte pedagógico a professoras/es da educação básica, para trabalhar o assunto em sala de aula, uma vez que os documentos norteadores do ensino fundamental II. No que diz respeito às radiações eletromagnéticas, não contemplam as ações que visam estimular os/as discentes obterem os conhecimentos básicos sobre radiação, como sugere a Agência Internacional de Energia Atômica. Já a segunda parte do presente estudo apresenta-se como uma resposta inicial a respeito desta lacuna, dos documentos oficiais, sobre o tema de radiações.

Palavras Chaves: Ensino de Ciências; Material Paradidático; Radiação Ionizante.

ABSTRACT

As one of the main natural phenomena, which has occurred since the formation of the universe, radiation is also responsible for the evolution and existence of life on Earth. Given this context, the question is - Why is the content “the study of radiation” neglected in the teaching of natural sciences, especially in elementary school II of basic education? The general objective is to analyze, through bibliographic research, how the main documents that guide basic education in the Brazilian educational system present the content of radiation in the teaching of Sciences in elementary school II and to propose a paradidactic material that responds to this need. For the development of this study, the following steps were followed: detailed analysis of official documents of basic education, systematic literature review aiming to identify, select and critically evaluate primary studies related to the research subject and preparation of paradidactic material. Thus, the data obtained by the research revealed that there were significant advances related to the theme of radiation, when analyzing what guided the National Curriculum Parameters and what, today, guides the National Curricular Common Base (BNCC). However, the BNCC presents the theme in a veiled way and without an interconnection between the thematic units and the objects of knowledge. In this sense, there is a need for a material that offers pedagogical support to teachers of basic education, to work on the subject in the classroom, since the guiding documents of elementary school II. With regard to electromagnetic radiation, they do not include actions aimed at encouraging students to obtain basic knowledge about radiation, as suggested by the International Atomic Energy Agency. The second part of the present study presents itself as an initial answer regarding this gap, in the official documents, on the subject of radiation.

Keywords: Science teaching; Paradidactic Material; Ionizing radiation

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO I – ABORDAGEM SOBRE RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS NO ENSINO FUNDAMENTAL II DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Figura 1: Espectro eletromagnético: distribuição organizada de comprimentos ou frequências de ondas presentes no campo eletromagnético.....19

CAPÍTULO II – APRESENTANDO A RADIAÇÃO

Figura A: Ilustrações diversas sobre fontes de radiação.....	44
Figura B: Ilustrações de uso diverso da radiação.....	44
Figura C: Materiais que podem blindar a radiação.....	51
Figura D: HQ: Radiação da banana.....	52
Figura E: Espectro eletromagnético.....	55
Figura F: Demonstração de oscilações de onda e suas principais características.....	57
Figura G: Sol e estrelas, fontes naturais de radiação.....	58
Figura H: Distribuição mundial de exposição à radiação.....	58
Figura I: Alimentos radioativos. A banana, castanha-do-Brasil, cenoura e batata contêm os radionuclídeos potássio – 40 e radônio – 226, já a carne vermelha contém certa quantidade de potássio-40.....	59
Figura J: Esquema representativo de raios X.....	60
Figura K: Tomógrafo e aparelho de raios X.....	60
Figura L: Demonstração da capacidade que a radiação ionizante tem de penetrar no corpo humano e em outras matérias não biológicas.....	63
Figura M: Exposição interna e externa da mãe a radiação.....	65
Figura N: Novo símbolo (ISO 21482 - 2007) para uso em fontes radioativas extremamente perigosas.....	65

CAPÍTULO III – CONHECENDO A HISTÓRIA DA RADIAÇÃO

Figura A: Imagens ilustrativas de uso da radiação.....	76
Figura B: Ilustração representativa dos primeiros testes com os Raios X.....	77
Figura C: Diversos produtos empregavam o nome raio-X para marketing.....	78
Figura D: Imagens do concurso <i>Miss Correct Posture</i>	79
Figura E: Fotografia de Marie Curie.....	80
Figura F: Casal Curie em seu laboratório.....	81
Figura G: Becquerel, Marie e Pierre Curie.....	82
Figura H: Diversos anúncios de produtos à base de rádio.....	83
Figura I: 5ª Conferência de Solvay.....	85

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I – ABORDAGEM SOBRE RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS NO ENSINO FUNDAMENTAL II DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Tabela 1: Conteúdos centrais para o desenvolvimento de conceitos, procedimentos e atitudes, segundo os PCNs de Ciências para o ensino fundamental – 3º Ciclo.....28

Tabela 2: Conteúdos centrais para o desenvolvimento de conceitos, procedimentos e atitudes, segundo os PCNs de Ciências para o ensino fundamental – 4º Ciclo.....29

Tabela 3: Unidade Temática- Matéria e Energia para o ensino fundamental II.....31

CAPÍTULO II – APRESENTANDO A RADIAÇÃO

Ficha Didática: Apresentando as Radiações.....42

CAPÍTULO III – CONHECENDO A HISTÓRIA DA RADIAÇÃO

Ficha Didática: Conhecendo a história da radiação.....72

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	13
CAPÍTULO I - ABORDAGEM SOBRE RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS NO ENSINO FUNDAMENTAL II DA EDUCAÇÃO BÁSICA	17
1.1. INTRODUÇÃO.....	17
1.2. REVISÃO DA LITERATURA.....	17
1.2.1. Definição De Radiação.....	18
1.2.2. Ciência <i>Versus</i> Educação <i>Versus</i> Sociedade.....	20
1.2.3. Conferência de Bonn Call-for-Action ou Bonn: Chamada para a Ação.....	22
1.3. O ENSINO DE CIÊNCIA PELA VISÃO DA LDB, DOS PCNS E BNCC.....	24
1.3.1. As Radiações nos PCNs e na BNCC.....	26
2. CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
3. REFERÊNCIAS	34
CAPÍTULO II - APRESENTANDO A RADIAÇÃO.....	40
2.1. INTRODUÇÃO.....	40
Ficha Didática: Apresentando a Radiação	42
2.2. CONHECENDO A RADIAÇÃO.....	46
ATIVIDADES	48
2.3. TIPOS DE RADIAÇÃO.....	49
2.3.1. Radiações não ionizantes	49
2.3.2. - Radiações ionizantes.....	50
ATIVIDADES	52
.....	55
2.4. ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO.....	55
2.4.1. Como a radiação se propaga.....	56
2.5. FONTES DE RADIAÇÃO.....	57
2.6. RADIAÇÃO IONIZANTE EM NOSSO COTIDIANO	59
ATIVIDADES	61
.....	63
2.7. INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO IONIZANTE NO ORGANISMO.....	63
ATIVIDADES	66
3. REFERÊNCIAS	68
CAPÍTULO III - CONHECENDO A HISTÓRIA DA RADIAÇÃO	70
3.1. INTRODUÇÃO.....	70
Ficha Didática: Conhecendo a história da radiação	72
3.2. A DESCOBERTA DOS RAIOS X POR RÖNTGEN	76

Curiosidades:.....	78
3.3.CONTRIBUIÇÃO DE BECQUEREL NA DESCOBERTA DA RADIOATIVIDADE.....	79
3.4. O CASAL CURIE E A DESCOBERTA DA RADIOATIVIDADE POR MARIE CURIE	80
Curiosidade.....	83
3.5. MARIE CURIE E O MACHISMO NA CIÊNCIA.....	84
4.CONCLUSÃO.....	86
ATIVIDADES	88
5.REFERÊNCIAS	90

INTRODUÇÃO GERAL

A radiação está presente no cotidiano das pessoas seja de forma natural ou artificial. Todas as formas de vida existentes em nosso planeta ocorreram e seguem ocorrendo em ambientes onde as radiações sempre estiveram presentes (SILVA; PEREIRA, 2011). Em nosso dia-a-dia estamos expostos a muitas fontes de radiação, sejam estas fontes naturais ou artificiais (BUSHONG, 2010). Perceber a luz visível, esquentar um alimento no micro-ondas ou apertar o interruptor e acender a lâmpada são exemplos diários da vida moderna em que há exposição à radiação. As fontes de radiação são encontradas em todos os lugares. Estamos expostos a radiações vindas do solo, do espaço, do ar, das rochas, dos alimentos, das bebidas, de remédios, etc. Até o próprio corpo humano é moderadamente radioativo (LIMA, 2007).

O uso da *internet* 5G, a conexão de celulares, computadores, sentir o calor ao caminhar em um dia de sol, realizar viagem de avião, a obtenção do resultado do exame Polimerase por Transcriptase Reversa - RT-PCR-¹ para detectar a COVID-19 e exames ou tratamentos utilizando raios X, são exemplos de exposições diárias às radiações. Neste sentido, é indiscutível a importância de, desde o início da vida escolar, ser apresentado aos alunos/as a temática das radiações.

Além do previsto na documentação oficial, as instituições de ensino cumprem, de forma admirável, a abordagem da higienização das mãos, cuidados contra verminoses e contra seres invisíveis aos olhos humanos, como vírus e bactérias. É sabido quão importante e necessário é esse conhecimento, apesar de ser invisível e abstrato assim como a radiação. No entanto, são assuntos estudados desde a pré-escola. O mesmo vale para as radiações que é um tema de grande importância para a educação de qualquer cidadão. Uma vez que as radiações são usadas e percebidas muito antes pelas crianças de forma empírica, como o calor ou a luz solar.

Considerando que a maioria das radiações também são invisíveis aos seres humanos, torna-se um tema de grande importância para a educação de qualquer cidadão. Devido aos avanços tecnológico e científicos, o aumento de uso das radiações tornou-as presentes em

¹A PCR convencional é uma técnica considerada simples, pela qual moléculas de ácidos desoxirribonucleico-DNA são ampliadas milhares ou milhões de vezes de uma forma bastante rápida com a detecção da fluorescência emitida por uma molécula correspondente (soluções contendo íons diversos, Na⁺, Cl⁻, K⁺, entre outros), os componentes da reação são misturados a material biológico coletado e a amostra é colocada em um termociclador, um aparelho que possibilita o aquecimento e o resfriamento rápido das amostras. No exame RT-PCR que detecta a COVID-19 com amostra das secreções respiratórias do paciente identifica-se a presença do vírus por meio do material genético viral, as moléculas de ácido ribonucleico-RNA, são transcritas em DNA complementar (cDNA) por meio da atividade da enzima transcriptase reversa. Em seguida, os cDNAs recém-sintetizados são amplificados pelos mesmos procedimentos descritos na PCR convencional (ZAHA; FERREIRA; PASSAGLIA, p 355, 2014).

diversas atividades do dia-a-dia, como: domésticas, ambiental, na agricultura e pecuária, na terapia e diagnóstico, telecomunicações, esterilização de alimentos, restauração de obras de artes, etc. Em contrapartida, não há informações e/ou orientações mínimas adequadas para os conhecimentos e cuidados necessários (PRUDÊNCIO, *et al.*, 2015).

No ensino fundamental II, a temática raramente é tratada com o aprofundamento que permita aos alunos/as obterem conhecimentos básicos que os leve a entender o que é radiação, suas fontes, onde usamos e quais os riscos e benefícios de seu uso. O ensino das radiações está diretamente ligado a abstração dessa temática, uma vez que se trata de um fenômeno que ocorre em nível submicroscópico (TEKIN; NAKIBOGLU, 2006; PELICHO, 2009).

Como resultado vemos a falta de conhecimento sobre as radiações, as inúmeras concepções erradas (e muitas vezes alarmistas com viés negativo) transmitidas pelos meios de comunicação e pouca, ou nenhuma, informação que colabore para seu conhecimento e seu uso. Por estas razões é percebido a necessidade de ampliar a abordagem científica do ensino de ciências da natureza com a introdução da temática da radiação no ensino fundamental II da educação básica.

A educação como um direito fundamental de natureza social (BRASIL, 1988), busca, por meio do ensino de ciências, levar conhecimento científico à sociedade. O ensino de ciências é reconhecido como fundamental e valioso para o desenvolvimento do País, seja no campo social, político ou econômico. Portanto, é importante para a formação geral de cada cidadão e se faz cada vez mais necessário à medida que as descobertas científicas e tecnológicas se protagonizam como norteadoras para o avanço da sociedade (BRASIL, 1996). E esta importância deve abranger todos os âmbitos de conhecimento, seja nacional e internacional, tanto para o conhecimento quanto para a proteção.

O Brasil como signatário da Agência Internacional de Energia Atômica – IAEA, e participante das propostas (propostas estas, que visam garantir o uso seguro da medicina radiológica em todo o mundo) definidas na Conferência de *Bonn Call-for-Action* ou “Bonn Chamada para a Ação”, precisa atuar para que a sociedade em geral seja educada, orientada e mobilizada para desenvolver a Cultura de Proteção à Radiação – CPR (IAEA, 2012).

A CPR consiste em um conjunto de ações, estratégias e práticas a serem desenvolvidas entre as instituições, os profissionais e usuários que se expõem à radiação, enfatizando a necessidade de proteção de segurança da radiação (PLOUSSI, 2016). Neste sentido, é preciso dialogar com a sociedade sobre os possíveis riscos trazidos pelo uso excessivo da radiação. Uma alternativa plausível, para que esse diálogo ocorra com sucesso, é criar parceria direta entre a educação escolar e o conhecimento científico.

Educação e ciências necessitam caminhar lado a lado, sendo uma análoga a outra. A ciência, que desempenha um papel preponderante para a humanidade, é caracterizada por uma necessidade permanente não só de conhecer e entender os fenômenos naturais, mas também de apresentá-los e propor teorias racionais (não absolutas) que possam explicar como eles acontecem (OLIVEIRA; SILVEIRA, 2013). Já a educação, por ser um instrumento de aperfeiçoamento político, cultural, econômico e social, faz parte da criação e invenção de exatamente tudo que cerca a humanidade desde a descoberta do fogo, passando pela ciência e a tecnologia (FREIRE, 2001). Assim, cabe o papel decisivo de formação da sociedade evitando sua desagregação (SAVIANI, 2012).

Assim, torna-se necessário verificar como o conteúdo das radiações se apresenta em documentos norteadores da educação básica, em especial para a área de Ciências da Natureza, na disciplina de ciências no ensino fundamental II. Foi analisado neste trabalho a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB, 1996), os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs, 1998) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018). A pertinência em analisar tais documentos se faz importante, pois após duas décadas da promulgação dos PCNs, surge um novo marco legal, a BNCC, responsável em nortear orientações para a organização dos currículos da educação brasileira (RIGUE; AMESTOY, 2020).

Diante desse contexto, essa pesquisa inclina-se sobre a seguinte problemática: Por que é desprezado o conteúdo “o estudo das radiações” no ensino de ciências da natureza, em especial no ensino fundamental II da educação básica? Expressa essa problemática, aplica-se como objetivo, analisar, mediante pesquisa bibliográfica, como os documentos norteadores (Lei 9394-LDB, 1996; PCNs, 1998 e a BNCC, 2018) do sistema educacional brasileiro apresentam o conteúdo da radiação para o ensino de Ciências no ensino fundamental II, bem como, propor respostas à possível (eis) lacunas encontradas nestes documentos.

Os objetivos específicos foram: (i) elaborar um material paradidático que apresenta o que é radiação, suas fontes, seu uso, riscos e benefícios do uso. (ii) considerar a importância do estudo da história das radiações, o papel das mulheres cientistas e as contribuições deixadas para o bem da humanidade; (iii) estimular o desenvolvimento e a prática da “Cultura de Proteção contra a Radiação”; bem como “Fomentar um melhor diálogo sobre risco-benefício no uso da radiação”, conforme a AIEA propõe nas 8ª e 9ª ações da “Bonn: Chamada para a Ação”.

O presente texto organiza-se em três capítulos: o primeiro, faz uma abordagem sobre radiações eletromagnéticas no ensino fundamental II da educação básica; o segundo capítulo

propõe um material paradidático a ser trabalhado em aulas de ciências no 9º ano do ensino fundamental, como tema - Radiação por toda parte; o terceiro capítulo da continuidade ao material paradidático com o tema - Percorrendo a história e alguns dos principais personagens da descoberta da radiação. O material paradidático, não tem nenhuma intenção de substituir o livro didático ou qualquer material pedagógico oficial, mas sim, ser mais uma ferramenta de suporte pedagógico às professoras/es e alunas/os, nas aulas de ciências em turmas de 9º ano e que possa servir para que de fato, os estudantes conheçam e entendam e disseminem informações importantes e seguras sobre radiação.

CAPÍTULO I - ABORDAGEM SOBRE RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS NO ENSINO FUNDAMENTAL II DA EDUCAÇÃO BÁSICA

1.1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo analisar de que forma os documentos norteadores do sistema educacional brasileiro apresentam a temática das radiações no ensino de Ciências do ensino fundamental II no país. Além disso, buscar elementos que forneçam evidências de como acontece a introdução sobre radiações no ensino de ciências.

O desenvolvimento deste estudo seguiu as etapas de uma revisão sistemática, visando identificar, selecionar e avaliar criticamente estudos primários relacionados ao tema da pesquisa. São elas:

✓ *triagem do material* – executou-se uma busca nas bases de dados das plataformas: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), Portal de Periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e Google Acadêmico. Em seguida de uma precisa leitura do material com a finalidade de encontrar e definir os elementos e subsídios referentes à pesquisa;

✓ *leitura exploratória* – conexa à leitura de triagem tem a finalidade de conferir se os documentos e informações selecionados concordam com o tema do estudo;

✓ *leitura seletiva* – momento caracterizado pela avaliação do material e identificação de quais dados eram relevantes aos objetivos desta pesquisa.

Esta análise foi realizada em alguns documentos norteadores da educação básica, que dão subsídios aos conteúdos de Ciências da Natureza, destacando a disciplina de Ciências, para os anos finais do ensino fundamental (6.º aos 9.º anos), de escolas públicas no Brasil. Os documentos analisados foram: Lei 9394/96 (1996), de diretrizes e Bases da Educação - LDB/96 (1996); Parâmetros Curriculares Nacional - PCNs (1998); a Base Nacional Comum Curricular - BNCC (2018).

Inicialmente, foi decidido apresentar a definição de radiação elencando sua importância na área de ensino de ciências, pretendendo melhorar a compreensão quanto ao objetivo da pesquisa.

1.2. REVISÃO DA LITERATURA

1.2.1. Definição De Radiação

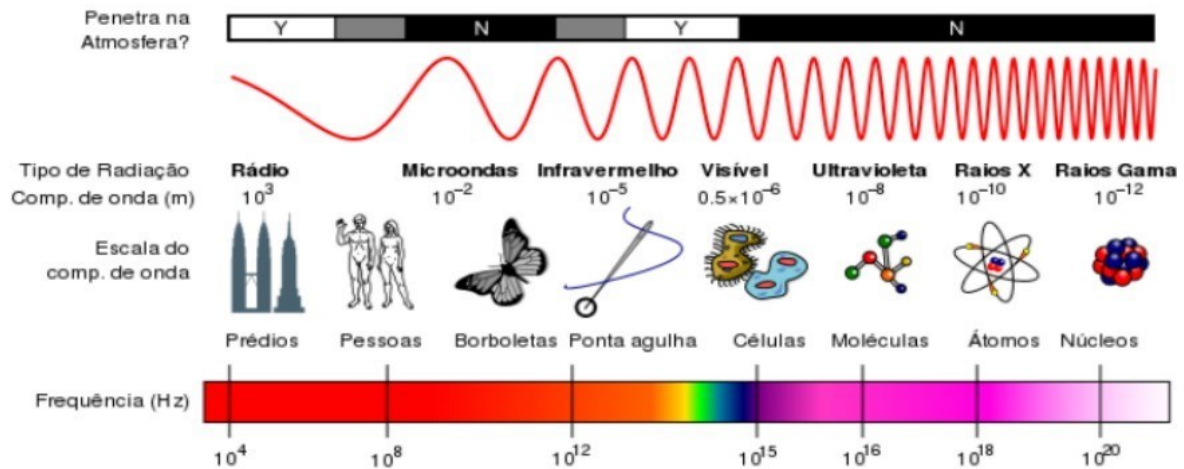
Radiação é a energia emitida e transferida no espaço (BUSHONG, 2010). Também pode ser definida como propagação de energia em forma de ondas eletromagnéticas, às quais obedecem a variações no espaço e tempo (ATALÃO, 2010). Outra definição é que a radiação é um fenômeno natural existente desde a formação do universo (SILVA; PEREIRA, 2011). A partir destas definições, podemos compreender o que é radiação.

Quanto à carga, as radiações são definidas como carregadas, que apresentam carga elétrica (radiações betas, alfa, prótons); e neutras, sem carga elétrica (eletromagnéticas e nêutrons). Se formos caracterizá-las quanto à massa, elas são corpusculares que contem massa (radiação alfa, beta, prótons, nêutrons) e sem massa (radiações eletromagnéticas) (BUSHONG, 2010). Como objeto deste estudo, iremos enfatizar a respeito das radiações eletromagnéticas, ou seja, as radiações sem massa e sem carga elétrica. Uma vez que esse tipo de radiação está presente no cotidiano das pessoas, é importante que se tenha mais conhecimentos e informações precisas sobre o assunto.

Ao analisar o tipo, a radiação é classificada em: ionizante e não ionizante. As radiações ionizantes possuem energia suficiente para ionizar (remover elétrons de suas órbitas) os átomos e moléculas de uma célula (SILVA *et al.*, 2019). Quando não tem massa, elas têm um alto poder de penetração na matéria biológica podendo provocar a quebra da molécula de Ácido Desoxirribonucleico - *DNA*, causando a morte celular ou aumentando a probabilidade de provocar mutações celulares que podem resultar em câncer, queimaduras ou até mesmo alterações genéticas (CARVALHO, 2017). Já as radiações não-ionizantes, diferentemente das ionizantes, não possuem energia suficiente para ionizar moléculas ou células. (SILVA *et al.*, 2019). Apesar disso, elas não são inofensivas e podem interagir, aquecendo ou até danificar tecidos vivos (SILVA *et al.*, 2015). Ambas as radiações ionizantes e não-ionizantes fazem parte do espectro eletromagnético.

No espectro eletromagnético (Figura 1), da esquerda para direita, as ondas depois das ultravioletas, são consideradas radiações ionizantes. Estas englobam, entre outras, os raios X e os raios γ (gama). Os raios ultravioletas, a luz visível, o infravermelho, as micro-ondas, as ondas de rádio e frequências muito baixas compreendem, junto a outras, as radiações não-ionizante.

Figura 1: Espectro eletromagnético: distribuição organizada de comprimentos e frequências de ondas presentes no campo eletromagnético.



Fonte: Domínio público

Todos os seres vivos, estão expostos às radiações, seja por fontes radioativas naturais ou artificiais criadas em equipamentos elétricos que emitem radiação apenas enquanto estão ligados. Esta segunda, tem como principal emissor equipamentos de raios X, usados quando realizamos exames radiológicos médicos ou odontológicos (OKUNO, 2013). Os raios X representam a principal fonte de radiação artificial na qual a humanidade se expõe. Essa exposição pode ser medida e quantificada em unidades de medidas usadas pelo Sistema Internacional de unidades (SI) são o Becquerel, o Gray (Gy) e o Sievert (Sv).

O becquerel, é a unidade SI de atividade e define-se como sendo a atividade de um radionuclídeo decaindo à taxa, em média, de uma transição nuclear espontânea por segundo. A dose absorvida é medida GY, sua definição é pela quantidade de energia depositada pela radiação ionizante em uma substância. O Sv é deriva de dose equivalente e dose efetiva. O Sv representa o efeito biológico equivalente ao depósito de um joule de energia de raios gama em um quilograma de tecido humano (CONNOR, 2020).

Além dos perigos e malefícios que podem ser causados pela radiação ionizante, é necessário destacar haver inúmeros benefícios, visto que é usada em diversos ramos da indústria e medicina. No entanto, é preciso conhecer e usar com prudência e responsabilidade para reduzir a exposição desnecessária e nociva aos seres humanos (BUSHONG, 2010). Não apenas sobre as radiações ionizantes, mas essa cautela deve ser conhecida e tomada em todos os tipos de radiação. Para tal, um dos caminhos importantes para levar informações seguras a toda sociedade é por meio das instituições de ensino, ou seja, pela educação.

Diante do contexto da sociedade moderna, o ensino de Ciências tem como desafio garantir a todos os cidadãos e cidadãs o acesso à informação científica em todos os níveis de ensino

(DELIZOICOV *et al.*, 2009). Nesta perspectiva, avalia-se que a informação e a formação científica dos/as alunos/as é um processo que necessita ser iniciado logo no começo de sua vida escolar (TENREIRO-VIEIRA; VIEIRA, 2011).

Através do ensino de ciências, a escola deve dar ênfase para a formação dos/as alunos/as no entendimento das habilidades de leitura e escrita, do aprendizado dos conceitos básicos das ciências naturais, da compreensão dos fenômenos naturais, bem como das relações entre ciência e a sociedade na totalidade (DELIZOICOV *et al.*, 2009). Este aspecto contribui para que crianças e jovens sintam-se parte da sociedade que pertencem, aprimorem-se e possam ser mediadores/as de novos conhecimentos.

Portanto, é importante que o ensino de ciências para o ensino fundamental apresente, de forma clara, o tema das radiações, fornecendo conhecimento do que é, de onde vem, qual a utilização e relação dos riscos com os benefícios (REGO; PERALTA, 2006, SILVA; PEREIRA, 2011).

1.2.2. Ciência *Versus* Educação *Versus* Sociedade

Os documentos norteadores da educação no Brasil, Constituição Federal de 1988 e a LDB de 1996, definem que a educação deve preparar o indivíduo a ser cidadão/ã atuante na sociedade em que vive, preparando-o ao exercício da cidadania, garantindo ainda, qualificação para o trabalho (BRASIL, 1988, art. 205; BRASIL, 1996). A educação, em sua origem, objetivos e funções, é um elemento social, análogo ao contexto político, econômico, científico e cultural de uma determinada sociedade (DIAS; PINTO, 2019). Para Santos (2019), a educação é um evento contínuo na história de todas as sociedades contemporâneas, embora não seja a mesma em todas as épocas nem em todas as regiões. Nela se encontra anexa a ideia de vida do indivíduo e de sociedade que visa sua ascensão a partir do processo educativo. Neste sentido, Saviani assegura que:

O estudo das raízes históricas da educação contemporânea nos mostra a estreita relação entre a mesma e a consciência que o homem tem de si mesmo, consciência esta que se modifica de época para época, de lugar para lugar, de acordo com um modelo ideal de homem e de sociedade. (SAVIANI, 1991, p.55).

Desta forma, a educação é, conseqüentemente, um processo social que se emoldura numa certa visão de mundo, estabelecendo metas e objetivos a serem alcançados por atos e ações educativas em harmonia com as ideias predominantes em uma determinada sociedade. Por ser inerente à história da humanidade, presente em toda e qualquer sociedade, a educação não deve

ser entendida de forma fracionada ou desconectada da realidade. Ela deve, portanto, ser entendida como *práxis* social. Outrossim, educação e sociedade se interligam, visto que a educação exerce intensa influência nas mudanças ocorridas nas sociedades.

Nesse sentido, a ciência surge para resolver problemas da sociedade (LEITE; GRADELA, 2017). Desta forma, o ensino das ciências carece de ter novos significados, os/as alunos/as precisam ter e expressar ideias próprias, devem reconhecer e compreender o mundo, bem como entendê-lo com conhecimentos e linguagem mais formal do que aquela que se utiliza no cotidiano (DRIVER *et al.*, 1999). É necessário que a ciência seja reconhecida no cotidiano dos/as alunos/as, só então, serão capazes de se reconhecerem como agentes ativos da sociedade, capazes de interferir e modificá-la. Logo, aprender ciências é fator primordial para formação cidadã de todos/as (KRASILCHIK, 2008), visto que é uma ferramenta essencial para apresentar e levar à compreensão da existência de diversos fenômenos ocorridos no cotidiano da sociedade (BRASIL, 2006).

No dia-a-dia as pessoas realizam diversas atividades e utilizam vários objetos que são essenciais ao seu cotidiano. Diante disto questiona-se: que relação tem a exposição de um indivíduo ao sol com a radiação? O processo de fotossíntese realizado por organismos fotossintetizantes, pode estar relacionado à radiação? Como a ida ao dentista e realização de uma radiografia está relacionada com exposição à radiação? Como um exame de raios X ou um tratamento de câncer está relacionado à cultura de proteção radiológica? E qual a relação dos hábitos do cotidiano com a radiação, como uso de aparelhos de celulares, da *internet*, o acender de uma lâmpada ou até mesmo o ato de ligar e estar diante de uma TV? É necessário a realização de radiografias para emprego ou sempre que vou ao médico?

Tais questionamentos demonstram que as radiações estão presentes no cotidiano das pessoas de forma direta ou indireta. Toda forma de vida apresenta determinado tipo de adaptação que lhes permitem estar expostas e suportar, dentro do seu limite, as doses de radiações recebidas ao longo de sua vida (SILVA; PEREIRA, 2011).

A IAEA, em seus documentos enfatiza a importância de ser difundida à sociedade em geral a temática da radiação (IAEA, 2012). Na conferência de Bonn (Alemanha), em 2012, no documento intitulado “Bonn Chamada para Ação”, promovida pela IAEA, foi sugerido que a ciência se aproxime da sociedade e promova ações para “aumentar a conscientização sobre os benefícios e os riscos da utilização da radiação entre profissionais de saúde, pacientes e público” (IAEA, 2012). Essa conferência procura garantir que a exposição das pessoas à radiação ionizante através de exames radiológicos seja a mínima necessário e justificada pela solicitação médica (SANTOS, 2019).

Desta forma, é necessário avaliar se a situação de exposição é planejada dentro do que é assegurado como globalmente benéfica; ou seja, se os benefícios previstos para os indivíduos e para a sociedade da exposição à radiação, superam os danos. O que se observa, a partir da conferência de Bonn, é que a sociedade carece de ser conhecedora da relação risco/benefício das radiações ionizantes e o ensino de ciências tem papel fundamental nesse processo pois, ajudará o/a aluno/a não só a conhecer radiação como também entender suas diversas utilidades na sociedade moderna.

O ensino de ciências precisa ter uma linguagem direta e clara, que leve ao entendimento de cada fenômeno que ocorre no meio, como as radiações, assegurando sua importância para humanidade, sem, contudo, desconsiderar os riscos que se tem em situação de exposição desnecessária.

Portanto, é dever das instituições de ensino conseguirem apresentar ao indivíduo o conhecimento para estabelecer relações necessárias entre o conhecimento científico-escolar e o mundo, de modo a reduzir o distanciamento entre o que se sabe e o que se aprende na escola (VIGOTSKI, 1991).

1.2.3. Conferência de Bonn Call-for-Action ou Bonn: Chamada para a Ação

A Conferência de “*Bonn Call-for-Action*” ou Bonn: Chamada para a Ação (tradução da autora), aconteceu na cidade de Bonn, Alemanha, com o propósito específico de identificar e abordar questões relacionadas à proteção contra as radiações em medicina (AIEA, 2012). Foi patrocinada pela Organização Mundial de Saúde (OMS), organizada e sediada pelo Governo da Alemanha, por meio do Ministério Federal do Meio Ambiente, Conservação da Natureza e Segurança Nuclear. Contou com a presença de 536 participantes e observadores de 77 países e 16 organizações (AIEA, 2012).

Como outros países, o Brasil, também, teve representantes em Bonn, sendo então signatário da IAEA, baseado no *Safety Series* número 115 (BSS-115), normatizado pelas “Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica” - CNEN-NN-3.01, da CNEN. Esta diretriz está em conformidade com a Recomendação nº. 103 da *International Commission of Radiological Protection* - ICRP (IAEA, 1996; CNEN, 2005; ICRP, 2007).

A iniciativa Bonn Chamada para a Ação, “destaca dez ações principais e subações relacionadas identificadas como sendo essenciais para o reforço da proteção radiológica em

medicina ao longo da próxima década” (AIEA, 2012, p. 2), que encerrará neste ano de 2022. Dentre elas:

Ação 8: Fortalecer a cultura de segurança radiológica na área da saúde: **Subações:** [...] Fomentar uma cooperação mais estreita em matéria de proteção radiológica entre as diferentes disciplinas que envolvem a aplicação das radiações em medicina, bem como entre as diferentes áreas dedicadas à proteção radiológica em geral, incluindo sociedades profissionais e associações de doentes; [...] Melhorar o intercâmbio de informações entre pares sobre proteção radiológica e questões relacionadas com a segurança, utilizando os avanços das tecnologias de informação.

Ação 9: Fomentar o melhor diálogo sobre o risco - benefício sobre o uso da radiação: **Subação:** Aumentar a conscientização sobre os benefícios e os riscos da utilização da radiação entre profissionais de saúde, pacientes e público em geral (AIEA, 2012, p.10-11.).

Nas “8.^a e 9.^a” ações propostas, com suas respectivas subações, a IAEA chama atenção para a importância de uma abordagem holística de vários seguimentos da sociedade, dentre eles os educadores, para intervir na mediação de se conhecer as fontes, as utilidades, os riscos e benefícios das radiações, influenciando assim, à Cultura de Proteção à Radiação - CPR. A AIEA atenta para os princípios básicos da Ciência e para as responsabilidades em atuar na difusão dos conhecimentos científicos junto à sociedade (AIEA, 2012), usando como via de ligação a Educação.

Muito embora a conferência de Bonn tenha suas ações voltadas, principalmente, para a CPR na medicina radiológica, é possível difundi-la para a população em geral através do ensino de ciências. Isso porque o ser humano é caracterizado por uma necessidade permanente não só de conhecer e entender os fenômenos naturais, mas também de apresentá-los e propor teorias racionais (não absolutas) que possam explicar como eles acontecem (OLIVEIRA; SILVEIRA, 2013). Já a educação é facilitadora de assimilação e aquisição de conhecimentos e entendimentos.

Logo, o ensino de ciência se consolida não só pela sua importância enquanto área de conhecimento, mas também pela necessidade que a humanidade tem de entender a complexidade de si mesmo e de tudo a sua volta, podendo assim, se posicionar e intervir. (CHASSOT, 2003).

Ainda que o conteúdo das radiações esteja presente nos atuais documentos norteadores da educação básica do país e mesmo com o crescimento do uso das radiações ionizantes nas mais diversas esferas da sociedade, a população em geral, não tem conhecimento de suas aplicações, nem mesmo seus riscos e benefícios.

A escola precisa atuar com seu papel de levar ao aluno/a conhecimentos que contextualize com seu cotidiano e que colabore para melhoria da sua qualidade de vida. Agindo assim, além de cumprir seu papel, a escola também estará contribuindo para que a CPR esteja presente na sociedade, além de fazer cumprir a ordem da OMS de difundir a proteção radiológica no País.

1.3. O ENSINO DE CIÊNCIA PELA VISÃO DA LDB, DOS PCNS E BNCC

Assegura o artigo 205 da Constituição Federal de 1988 que: “A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade”, [...] (Brasil, 1988). Sendo um dos principais direitos assegurados a qualquer cidadão brasileiro, ficou ainda mais assegurado após publicação da LDB em 1996. Desde então, o sistema educacional brasileiro passa por sucessivas mudanças em todas as etapas do ensino básico e ensino superior, no intuito de que este cumpra seus objetivos na era contemporânea e contribua para que os alunos/as construam seus projetos de vida (VIEIRA; NICOLODI; DARROZ, 2021).

A importância da educação e seu papel no conhecimento científico estão descritos na Lei n.º 9.394, (Lei de Diretrizes e Bases da Educação- LDB) de 20 de dezembro de 1996, quando menciona:

Art. 32. [...] O ensino fundamental terá por objetivo a formação básica do cidadão, mediante: [...] II – a compreensão do ambiente natural e social, do sistema político, da tecnologia, das artes e dos valores em que se fundamenta a sociedade; [...].

Art. 35. O ensino médio, etapa final da educação básica, [...] terá como finalidades: I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos; [...] IV – A compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. (BRASIL, 1996).

O que se observa na redação dos artigos citados é que a escola deve ter o compromisso de preparar os/as alunos/as oferecendo uma educação que tenha condições de desenvolver uma formação mínima para o exercício da cidadania.

Nesse aspecto, a área de Ciências da Natureza, através de um olhar articulado de múltiplos campos da ciência, necessita garantir aos alunos/as, acesso à diversidade de **conhecimentos científicos** lançados ao longo da história. Bem como a aproximação gradativa aos principais **processos, práticas e procedimentos da investigação científica** (BRASIL, 2017).

Toda organização contribui para um sistema de ensino com formato de organização homogênea. Alguns autores criticam esse formato visto que orienta um currículo onde “impõe habilidades gerais a serem desenvolvidas por todos sem distinção de interação com o meio de origem” (PEREIRA, 2010, p. 27).

Ressalta-se que nos PCNs, os objetivos de Ciências Naturais no ensino fundamental são idealizados para que o/a aluno/a adquira competências que permitam entender o mundo e agir como sujeito e como cidadão, empregando conhecimentos com fundamentos científicos e tecnológicos (BRASIL, 1997).

Com os PCNs, surgiu a necessidade de reformular o ensino de ciências, adequando o ensino às mudanças ocorridas na sociedade. A Ciência não tem conhecimentos prontos e acabados devido ao seu dinamismo. “Suas teorias estão sempre sujeitas a refutações e esse processo é influenciado pelo desenvolvimento tecnológico e pelo aparecimento de novos fatos.” (MACHADO; MORTIMER, 2010, p. 27). Logo, os PCNs para o ensino de Ciências Naturais no ensino fundamental objetivam a formação de indivíduo crítico, com capacidade de associar conhecimentos científicos aos conhecimentos prévios adquiridos no seu dia-a-dia.

Em 2018 o Ministério da Educação homologou a BNCC sendo “um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica” (BRASIL, 2018, p. 7). É um documento que orienta o que deve ser imprescindível durante as etapas de ensino de todos/as os/as alunos/as de escolas de educação básica no país e norteia os currículos educacionais de escolas públicas e privadas. Para a área de ciências da natureza o documento ressalta que:

Ao longo do Ensino Fundamental, a área de Ciências da Natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do **letramento científico**, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências. Em outras palavras, aprender ciência não é a finalidade última do letramento, mas, sim, o desenvolvimento da capacidade de atuação no e sobre o mundo, importante ao exercício pleno da cidadania. (BRASIL, 2018, p.7).

A BNCC traz as seguintes competências específicas para a área de Ciências da Natureza:

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.
2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (BRASIL, 2018, p. 553).

De acordo com Marcondes (2018), a BNCC sugere que no ensino fundamental é necessário ser requeridas situações que possibilitem aos alunos/as assimilar a natureza e seus fenômenos, bem como a inter-relação dos seres vivos e o meio, a relevância e o funcionamento das diversas tecnologias existentes para interceder nessas interações.

Com relação às propostas específicas para organização do Ensino de Ciências, a BNCC apresenta Ciências da Natureza - CN com três unidades temáticas (matéria e energia, vida e evolução, terra e universo).

A elaboração da BNCC ocorreu em um amplo contexto de políticas públicas educacionais e discussões sobre o que se deve ensinar na educação básica (FRANCO; MUNFORD, 2018). Para especialistas e entidades diversas de pesquisa em educação, a BNCC é um documento que não supre a demanda da educação brasileira, mas entidades privadas e governamentais sempre defenderam a proposta (CUNHA; LOPES, 2017).

A fragilidade do sistema educacional brasileiro é compartilhada entre os pesquisadores/as e professores/as que atuam na sala de aula na educação básica. Existe uma deficiência no processo de ensino e aprendizagem do país, refletida pelas avaliações internas e externas do sistema educacional.

As políticas públicas educacionais do Brasil induzem uma educação desmembrada, simplista e precária, quanto ao que de fato, deve permear o processo de ensino e aprendizagem (DIAS; PINTO, 2019). “Nenhuma ação educativa pode prescindir de uma reflexão sobre o homem e de uma análise sobre suas condições culturais. Não há educação fora das sociedades humanas e não há homens isolados” (FREIRE, 1979, p. 35).

Ponderamos que a educação básica do país não é tida como um programa de estado, e sim um programa de governo. Ou seja, não é um programa contínuo e as intervenções políticas acabam por interferir no sistema educacional e, por conseguinte, no ensino de ciências.

Essa fragilidade do sistema educacional brasileiro, refletida no ensino de ciências, fica evidente quando analisamos a maneira posta a temática das radiações nos PCNs e na BNCC. Assunto que será discutido na subseção 1.3.1.

1.3.1. As Radiações nos PCNs e na BNCC

Dentro dos quatro eixos temáticos dos PCNs de ciências do ensino fundamental não constam conteúdos e objetivos voltados ao estudo das radiações. O conteúdo fica restrito à disciplina de Física no ensino médio onde os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs + 2000) afirmam ser indispensável aprender a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos (BRASIL, 2006).

Há uma lista extensa de conteúdos de Física a serem trabalhados no ensino médio, impedindo o aprofundamento necessário de conteúdos básicos que abordam uma visão de mundo e um conhecimento prático essencial para uma formação cidadã, (LUCENA, et al., 2017), como é

o caso da temática das radiações. Lucena e colaboradores, ainda afirma que deveria constar no currículo, “aulas sobre radioatividade, energia nuclear e aplicações da radiação ionizante” (LUCENA, et al., 2017, p. 08). Desta forma, o professor teria oportunidade de discutir tais temas de forma clara, imparcial e sem juízos prévios.

As Unidades Temáticas (UT) da BNCC se desenvolvem em Objetos de Conhecimento (OC) que estão vinculados às habilidades correspondentes.

A temática das Radiações aparece na UT Matéria e Energia, nos OC do 9.º ano com o tema “*Radiações e suas aplicações na saúde*” (BRASIL, 2018, p. 350) onde os alunos devem desenvolver as habilidades (EF09CI06) – “Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc”; (EF09CI07) – “Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.)” (BRASIL, 2018, p. 351).

Para Chaves e colaboradores (2021), considerando a legalidade do ensino, no que se refere a legislação, no Brasil há uma preocupação para que o assunto das Radiações seja ensinado aos alunos em sala de aula. No entanto, o autor observa que na prática não ocorre conforme o que está planejado (CHAVES *et al.*, 2021), mesmo sendo as radiações entendidas como um fator abiótico essencial ao planeta e à vida na totalidade (SILVA; PEREIRA, 2011).

Diante da pluralidade presente nas questões que norteiam o processo ensino, a falta de um consenso das habilidades e competências a serem desenvolvidas, restam lacunas na aprendizagem de alunos/as que veem seus futuros dependentes de políticas públicas, políticas essas que em nosso país, há tempos deixa a educação em esfera inferior de prioridades básicas à sociedade.

Do ponto de vista teórico, a LDB de 1996 e os PCNs aprovados no ano seguinte, são dois documentos que deram luz para melhorar o ensino de ciências no país (BATISTA; MORAES, 2019). Os PCNs orientam que os conteúdos devem ser ministrados de forma interdisciplinar buscando preconizar a adequada inclusão por meio do tripé - Ciência Tecnologia e Sociedade - CTS no currículo (Brasil, 1997).

Todavia, mesmo considerando os avanços na educação, na totalidade, no final da década de 90, o conteúdo das Radiações permanecia ausente dos conteúdos proposto nos quatro eixos temáticos dos PCNs de Ciências para o ensino fundamental.

As Tabelas 1 e 2 apresentam o que, segundo os PCNs de Ciências, são conteúdos centrais para o 3º e 4º ciclos, que hoje denomina-se ensino fundamental II. Nessas tabelas é possível

constatar a ausência da temática das radiações para as turmas de 5^a a 8^a séries, o que é denominado atualmente como 6^o a 9^o ano.

Tabela 1: Conteúdos centrais para o desenvolvimento de conceitos, procedimentos e atitudes, segundo os PCNs de Ciências para o ensino fundamental – 3^o Ciclo.

EIXOS TEMÁTICOS	CONTEÚDOS CENTRAIS - 3 ^o CICLO
TERRA E UNIVERSO	Observação direta, busca e organização de informações sobre a duração do dia em diferentes épocas do ano e sobre os horários de nascimento e ocaso do Sol, da Lua e das estrelas ao longo do tempo, reconhecendo a natureza cíclica desses eventos e associando-os a ciclos dos seres vivos e ao calendário; Busca e organização de informações sobre cometas, planetas e satélites do sistema Solar e outros corpos celestes para elaborar uma concepção de Universo; Caracterização da constituição da Terra e das condições existentes para a presença de vida; Valorização dos conhecimentos de povos antigos para explicar os fenômenos celestes.
VIDA E AMBIENTE	Coleta, organização, interpretação e divulgação de informações sobre transformações nos ambientes provocadas pela ação humana e medidas de proteção e recuperação, particularmente da região em que vivem e em outras regiões brasileiras, valorizando medidas de proteção ao meio ambiente; investigação da diversidade dos seres vivos compreendendo cadeias alimentares e características adaptativas dos seres vivos, valorizando-os e respeitando-os; Comparação de diferentes ambientes em ecossistemas brasileiros quanto a vegetação e fauna, suas inter-relações e interações com o solo, o clima, a disponibilidade de luz e de água e com as sociedades humanas; Investigação de diferentes explicações sobre a vida na Terra, sobre a formação dos fósseis e comparação entre espécies extintas e atuais.
SER HUMANO E SAÚDE	Distinção de alimentos que são fontes ricas de nutrientes plásticos, energéticos e reguladores, caracterizando o papel de cada grupo no organismo humano, avaliando sua própria dieta, reconhecendo as consequências de carências nutricionais e valorizando os direitos do consumidor; Compreensão de processos envolvidos na nutrição do organismo estabelecendo relações entre os fenômenos da digestão dos alimentos, a absorção de nutrientes e sua distribuição pela circulação sanguínea para todos os tecidos do organismo; Caracterização do ciclo menstrual e da ejaculação, associando-os à gravidez, estabelecendo relações entre o uso de preservativos, a contracepção e a prevenção das doenças sexualmente transmissíveis, valorizando o sexo seguro.
TECNOLOGIA E SOCIEDADE	Investigação de tecnologias usuais e tradicionais de mesma finalidade, comparando-as quanto à qualidade das soluções obtidas e outras vantagens ou problemas ligados ao ambiente e ao conforto, valorizando os direitos do consumidor e a qualidade de vida; Comparação e classificação de diferentes equipamentos de uso cotidiano segundo sua finalidade, energias envolvidas e princípios de funcionamento, estabelecendo a sequência de transformações de energia, valorizando o consumo criterioso de energia, os direitos do consumidor e a qualidade de vida; Comparação e classificação de diferentes materiais segundo sua finalidade, a origem de sua matéria-prima e os processos de produção, investigando a sequência de separação e preparação de misturas ou síntese de substâncias, na indústria ou artesanato de bem de consumo, valorizando o consumo criterioso de materiais; Investigação dos modos de conservação de alimentos cozimento, adição de substâncias, refrigeração e desidratação quanto ao modo de atuação específico, à importância social histórica e local, descrevendo processos industriais e artesanais para este fim.

Fonte: (BRASIL, p. 66, 67, 72, 78, 82, 83. 1998).

Tabela 2: Conteúdos centrais para o desenvolvimento de conceitos, procedimentos e atitudes, segundo os PCNs de Ciências para o ensino fundamental – 4º Ciclo.

EIXOS TEMÁTICOS	CONTEÚDOS CENTRAIS - 4º CICLO
TERRA E UNIVERSO	<p>Identificação, mediante observação direta, de algumas constelações, estrelas e planetas recorrentes no céu do hemisfério Sul durante o ano, compreendendo que os corpos celestes vistos no céu estão a diferentes distâncias da Terra; Identificação da atração gravitacional da Terra como a força que mantém pessoas e objetos presos ao solo ou que os faz cair, que causa marés e que é responsável pela manutenção de um astro em órbita de outro; Estabelecimento de relação entre os diferentes períodos iluminados de um dia e as estações do ano, mediante observação direta local e interpretação de informações deste fato nas diferentes regiões terrestres, para compreensão do modelo heliocêntrico; comparação entre as teorias geocêntrica e heliocêntrica, considerando os movimentos do Sol e demais estrelas observados diariamente em relação ao horizonte e o pensamento da civilização ocidental nos séculos XVI e XVII; Reconhecimento da organização estrutural da Terra, estabelecendo relações espaciais e temporais em sua dinâmica e composição; Valorização do conhecimento historicamente acumulado, considerando o papel de novas tecnologias e o embate de ideias nos principais eventos da história da Astronomia até os dias de hoje.</p>
VIDA E AMBIENTE	<p>Compreensão de relações entre a história geológica do planeta e a evolução dos seres vivos, considerando mudanças na composição e na fisionomia da biosfera, atmosfera e litosfera para avaliar e respeitar o tempo de reposição dos materiais e substâncias na natureza; Comparação das estruturas do corpo, dos modos como realizam funções vitais e dos comportamentos de seres vivos que habitam ecossistemas diferentes, hoje e em outros períodos do passado geológico, para a compreensão de processos adaptativos; Reconhecimento de formas eficientes de dispersão e estratégias reprodutivas dos seres vivos em diferentes ambientes, e comparação entre reprodução sexual e assexual no que diz respeito à variabilidade dos descendentes; Estabelecimento de relações entre os fenômenos da fotossíntese, da respiração celular e da combustão para explicar os ciclos do carbono e do oxigênio de forma integrada ao fluxo unidirecional de energia no planeta; Investigação dos fenômenos de transformação de estados físicos da água ocorridas em situações de experimentação e na natureza, em que há alteração de temperatura e pressão, compreendendo o ciclo da água em diferentes ambientes, identificando o modo pelo qual os mananciais são reabastecidos, valorizando sua preservação; Investigação de alterações de determinados ambientes como resultado da emissão de substâncias, partículas e outros materiais produzidos por agentes poluidores, compreendendo os processos de dispersão de poluentes no planeta e aspectos ligados à cultura e à economia para valorizar medidas de saneamento e de controle de poluição.</p>
SER HUMANO E SAÚDE	<p>Compreensão do organismo humano como um todo, interpretando diferentes relações e correlações entre sistemas, órgãos, tecidos em geral, reconhecendo fatores internos e externos ao corpo que concorrem na manutenção do equilíbrio, as manifestações e os modos de prevenção de doenças comuns em sua comunidade e o papel da sociedade humana na preservação da saúde coletiva e individual; Reconhecimento de processos comuns a todas as células do organismo humano e de outros seres vivos: crescimento, respiração, síntese de substâncias e eliminação de excretas; Compreensão dos sistemas nervoso e hormonal como sistemas de relação entre os elementos internos do corpo e do corpo todo com o ambiente, em situações do cotidiano ou de risco à integridade pessoal e social, valorizando condições saudáveis de vida; Compreensão dos processos de fecundação, gravidez e parto, conhecendo vários métodos anticoncepcionais e estabelecendo relações entre o uso de preservativos, a contracepção e a prevenção das doenças sexualmente transmissíveis, valorizando o sexo seguro e a gravidez planejada.</p>
TECNOLOGIA E SOCIEDADE	<p>Compreensão de processos de recuperação e degradação de ambientes por ocupação urbana desordenada, industrialização, desmatamento, inundação para construção de barragem ou mineração, cotejando custos ambientais e benefícios sociais, valorizando a qualidade de vida; Investigação de processos de extração e</p>

produção de energia e substâncias obtidas por diferentes tecnologias tradicionais ou alternativas, sua transformação na indústria de produção de bens, valorizando a preservação dos recursos naturais; Compreensão das relações de mão dupla entre as necessidades sociais e a evolução das tecnologias, associada à compreensão dos processos de transformação de energia e de materiais, valorizando condições de saúde e qualidade de vida.

Fonte: (BRASIL, p. 95, 96, 101, 107, 111. 1998).

Nos conteúdos centrais definidos pelos PCNs e apresentados nas Tabelas 1 e 2, é possível constatar que alguns fenômenos naturais tais como: as mudanças de estados físicos da água, os ciclos biogeoquímicos e a fotossíntese, por exemplo, são conteúdos que “foram selecionados como assuntos centrais para o desenvolvimento de conceitos, procedimentos e atitudes” (BRASIL, 1998). Dar-se que, curiosamente, esses fenômenos não ocorrem sem radiação em seu entorno, isto porque, a luz visível é radiação como já mostrado na Figura 1. Na explanação dos eixos temáticos os PCNs de Ciências do ensino fundamental ainda destacam que: “compreender os fenômenos naturais articulados entre si e com a tecnologia confere à área de Ciências Naturais uma perspectiva interdisciplinar, pois abrange conhecimentos biológicos, físicos, químicos, sociais, culturais e tecnológicos” (BRASIL, p. 36, 1998).

Ocorre que a radiação é um fenômeno natural (SILVA, PEREIRA, 2011; CHAVES *et al*, 2021), que ocorre no Planeta desde a sua formação, sendo esta, inerente à vida e seus processos de evolução (BUSHONG, 2010).

Ao observar o processo da fotossíntese, por exemplo, (aplicado no 6º e 7º anos), realizado para obtenção de energia pelos seres fotossintetizantes, resulta da incidência da luz, ou seja, da radiação absorvida (nas células dos seres fotossintetizantes), na transformação de matéria inorgânica (H_2O e CO_2) em matéria orgânica, glicose ($C_6H_{12}O_6$). Processo esse que é a base da cadeia alimentar de todos os seres vivos heterotróficos, seres que não sintetizam seu alimento, como os seres humanos e os demais animais (FERNANDES MARTINS, 2011).

É necessário chamar a atenção, ainda, ao fato dos PCNs não apresentarem as radiações como conteúdos centrais, justamente na década de 90, quando o país ainda estava assombrado com o maior acidente radioativo por contato do Césio-137, ocorrido em setembro de 1987 em Goiânia - Goiás. Esse acidente envolveu direta e indiretamente centenas de pessoas, causando mortes, Síndrome Aguda da Radiação (SAR), falência da medula óssea, dentre outros danos vividos até os dias atuais por muitos sobreviventes. Ainda assim, os PCNs sendo homologados dez anos após o acidente do Césio – 137 de Goiânia, o assunto “radiação não foi visto pelo Ministério da Educação, como conteúdo central a ser trabalhado no ensino fundamental.

Contudo, é importante registrar que o conteúdo das radiações se faz presente para o, então, segundo grau. Sendo, portanto, mantido posteriormente nos PCNs + para ser um conteúdo

trabalhado na disciplina de física do ensino médio. Nos PCNs +, entende-se ser essencial saber identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos (CHAVES *et al*, 2021). Este documento não foi objeto de análise deste estudo, por que o objetivo é analisar como o conteúdo das radiações são apresentados em documentos que norteiam o ensino fundamental II.

Neste ponto, apresenta-se a análise da BNCC após para entender como o atual documento normativo para o ensino fundamental respalda a temática das radiações, como conteúdo a ser trabalhado nas turmas 6.º a 9.º anos. É necessário enfatizar que, ao contrário dos PCNs de ciências do ensino fundamental, que não traz as radiações com conteúdo central para o terceiro e quartos ciclos mostrado nas Tabelas 1 e 2, o mesmo não ocorre com a BNCC, que traz na UT de matéria e energia, as radiações como objeto de conhecimento “*radiações e suas aplicações na saúde*”, visando o alcance de duas habilidades a serem desenvolvidas pelos alunos do último ano do ensino fundamental, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Unidade Temática- Matéria e Energia para o ensino fundamental II.

COMPONENTE	ANO/SÉRIE	UNIDADE E TEMÁTICA	OBJETOS DE CONHECIMENTO	HABILIDADES
CIÊNCIAS	9º	Matéria e Energia	Aspectos quantitativos das transformações químicas; Estrutura da matéria; Radiações e suas aplicações na saúde.	<p>(EF09CI01) investigar as mudanças de estado físico da matéria e explicar essas transformações com base no modelo de constituição submicroscópica.</p> <p>(EF09CI02) comparar quantidades de reagentes e produtos envolvidos em transformações químicas, estabelecendo a proporção entre as suas massas.</p> <p>(EF09CI03) identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.</p> <p>(EF09CI04) planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.</p> <p>(EF09CI05) investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.</p> <p>(EF09CI06) classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle</p>

remoto, telefone celular, raio X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.

(EF09CI07) discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia óptica a *laser*, infravermelho, ultravioleta etc.).

Fonte: (BRASIL, p. 351, 2018).

Sendo assim, a BNCC propõe mudar os currículos das escolas brasileiras e, por consequência, o ensino de ciências. Ao contrário dos PCNs, que se apresentavam como parâmetros para a construção do currículo escolar, a BNCC é uma proposta (que recebeu e recebe muitas críticas de estudiosos da educação) que reúne objetivos de aprendizagem relacionados às três áreas do conhecimento, nas quais seus organizadores apresentam o documento como delineador da educação básica (BRASIL, 2018).

Porém, chamamos a atenção para a ausência de sequência lógica dos conteúdos propostos na BNCC em todas as unidades temáticas. O documento orienta que no ensino fundamental os alunos precisam “lançar mão do conhecimento científico e tecnológico para compreender os fenômenos e conhecer o mundo, o ambiente, a dinâmica da natureza”. (BRASIL, p.343, 2018), mas torna-se difícil todo esse conhecimento ser aprimorado pelos/as alunos/as quando o OC não tem uma sequência lógica conforme apresentado na Tabela 3.

Observamos ainda, incoerência entre o OC das radiações e as habilidades propostas na BNCC. A temática das radiações é apresentada com o OC “*Radiações e suas aplicações na saúde*”. No entanto, na habilidade (EF09CI06), sugere que os/as alunos/as classifiquem as radiações eletromagnéticas por frequência, fonte e aplicações para avaliar implicações em raios X, mas também em controle remoto, telefone celular, forno de micro-ondas e fotocélulas (BRASIL, 2018).

Dentro deste contexto, a BNCC no que se refere ao Ensino de Ciência não contribui com a conexão que há entre os elementos basilares para a construção da ciência, o que representa uma visão de ensino e aprendizagem que não é condizente com os debates atuais no campo de Educação em Ciências (FRANCO; MUNFORD, 2018).

Entendemos ser importante reconhecer o uso das radiações em equipamentos eletrônicos e eletroeletrônicos usados no cotidiano das pessoas, porém, o OC que a BNCC apresenta como norteador não é condizente com a habilidade sugerida no documento. Devido

a esta inconsistência observada na BNCC, viu-se necessário analisar os livros didáticos utilizados pelos discentes.

2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos desta pesquisa demonstraram que houve avanços significativos, relacionados com a temática das radiações, quando analisado o que orientava os PCNs e o que, hoje, orienta a BNCC. Contudo, destaca-se que falta uma sequência lógica no eixo temático de “Matéria e Energia”. Eixo este, que traz as radiações como objeto de conhecimento a ser trabalhado no 9º ano do ensino fundamental, sem uma sequência lógica e sem interconexão com os demais objetos de conhecimentos propostos.

Neste sentido, afirma-se que o ensino de ciências – no ensino fundamental - no que diz respeito à radiação, não contempla as ações da Conferência de Bonn Chamada para Ação. É necessário chamar a atenção de que o Brasil é signatário da IAEA e registra, em sua história recente, um dos maiores acidentes nucleares do mundo e o maior do país por contato de material radioativo. Esses fatores são, ou deveriam, ser suficientes para que este fosse trabalhado com maior ênfase no ensino fundamental e aprimorada no ensino médio para evitar possíveis futuros acidentes.

Assim, observa-se a necessidade de um material que ofereça suporte pedagógico a professoras/es da educação básica, para trabalhar o assunto em sala de aula, uma vez que os documentos norteadores do ensino fundamental II, no que diz respeito às radiações eletromagnéticas, não contemplam as ações que visam estimular os/as discentes obterem os conhecimentos básicos sobre radiação, como sugere a Agência Internacional de Energia Atômica. A segunda parte do presente estudo apresenta-se como uma resposta inicial a respeito desta lacuna, dos documentos oficiais, sobre o tema de radiações.

Este estudo não teve a pretensão de exaurir as possibilidades de análise sobre o tema e sim iniciar/continuar uma discussão sobre a inserção de discussão sobre as radiações no ensino fundamental.

3. REFERÊNCIAS

- ATALÃO, João Paulo da Silva C. **UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR DEPARTAMENTO DE ENG^a ELECTROMECAÂNICA CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EM SISTEMAS BIOLÓGICOS APONTAMENTOS DAS AULAS TEÓRICAS**. [S.I]: Universidade da Beira Interior, 2010. Disponível em: http://webx.ubi.pt/~catalao/Apont_Campos.pdf Acesso em 21 de janeiro de 2021.
- BARRETO, B. C.; MONTEIRO, M. C. G. G. Professor, livro didático e contemporaneidade. *Revista Pesquisas em Discurso Pedagógico*, Rio de Janeiro, nº 1, p. 1-6, 2008. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/11983/11983.PDF>. Acesso em: 28/12/2021.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidente da República, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em 20 de fev. 2022.
- _____. Constituição (1996). Lei nº 9394, de 1996.
- _____. **Parâmetros Curriculares Nacionais -PCN: Ciências Naturais/Secretaria de Educação Fundamental.**: MEC- Brasília /SEF, 1998.
- _____. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC, 2006.
- _____. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)-**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf- Acesso em: 23 de julho de 2020.
- BUSHONG, Stewart Carlyle. **CIÊNCIA RADIOLÓGICA para tecnólogos: física, biologia e proteção**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. Disponível em: <https://marcelogb10.files.wordpress.com/2017/09/cic3aancia-radiolc3b3gica-bushong.pdf> Acesso em: 09 de agosto de 2020.
- CARVALHO, Regina Pinto de. **Aplicações da energia nuclear na saúde**. 3. ed. São Paulo: Sbpcc, 2017. Disponível em: <http://portal.sbpccnet.org.br/livro/energianuclearnasaude.pdf> - Acessado em: 23/04/2020.
- CHAVES, Taniamara Vizzotto; GIMENEZ, Alana Pereira; VALLE, Dariane Andrade; SILVEIRA, Lucillana de Moraes. UM ESTUDO SOBRE O IMAGINÁRIO E AS CONCEPÇÕES ACERCA DOS CONCEITOS DE RADIAÇÃO E RADIOATIVIDADE. **Vivências**, [S.L.], v. 17, n. 32, p. 69-83, 14 dez. 2020. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. <http://dx.doi.org/10.31512/vivencias.v17i32.82>. Disponível em: <http://revistas.uri.br/index.php/vivencias/article/view/82> Acesso em 11 de agosto de 2020.
- CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**. 88-100, Nº 22 – 2003. <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/gZX6NW4YCy6fCWFQdWJ3KJh/?lang=pt&format=pdf>
- CONNOR, N. **O que é Sievert – Grey – Becquerel – Conversão – Cálculo – Definição**. julho 23, 2020. Disponível em: <https://www.radiation-dosimetry.org/pt-br/o-que-e-sievert-grey-becquerel-conversao-calculo-definicao/> Acesso em: 28 jan. 2022.
- CNEN, CNEN-NN-3.01 - Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, 26pp. (2005).

DELIZOICOV, Demetrio. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2009.

DIAS, Érika; PINTO, Fátima Cunha Ferreira. Educação e Sociedade. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, [S.L.], v. 27, n. 104, p. 449-454, set. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-40362019002701041>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ensaio/a/MGwkqfpsmJsgjDcWdqhZFks/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 05/03/2022.

DRIVER, R. et al. **Construindo conhecimento científico na sala de aula**. Química nova na Escola. Construindo Conhecimento Científico N° 9, MAIO 1999. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc09/aluno.pdf> Acesso em: 23 de fev. 2021.

Fernandes Martins, Nicolas. Uma síntese sobre aspectos da fotossíntese. Revista de Biologia e Ciências da Terra. 2011;11(2):10-14. [fecha de Consulta 20 de fevereiro de 2022]. ISSN: 1519-5228. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=50021611002> Acesso em 20 de janeiro de 2021.

FRANCO, Luiz Gustavo; MUNFORD, Danusa. Reflexões sobre a Base Nacional Comum Curricular: um olhar da área de ciências da natureza. **Horizontes**, [S.L.], v. 36, n. 1, p. 158-171, 30 abr. 2018. Casa de Nossa Senhora da Paz A.S.F. DOI: <http://dx.doi.org/10.24933/horizontes.v36i1.582>. Acesso em: 07 de novembro de 2021.

FREIRE, Paulo. **Educação e mudança**. 12. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979. Disponível em: <https://construindoumaprendizado.files.wordpress.com/2012/12/paulo-freire-educacao-e-mudanca-desbloqueado.pdf> Acesso em 20 de janeiro de 2022.

_____. **Política e educação**: – 5. ed - São Paulo, Cortez, 2001.

IAEA, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources - Safety Series 115. Vienna: IAEA, 278 pp, (1996).

_____. International Atomic Energy Agency, **Bonn Call-for-Action**, Joint Position Statement by the IAEA and WHO, Germany, December 2012, - disponível em: <https://www.iaea.org/resources/rpop/resources/bonn-call-for-action-platform> - acessado em 23/03/2020

The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de Ensino de Biologia**. 4. ed. São Paulo: Usp, 2008. 197p.

LEITE, L. M. O. do R.; GRADELA, A. O ENSINO DE CIÊNCIAS E A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA COMO SUPORTE PARA A FORMAÇÃO CIDADÃ NO ENSINO MÉDIO. **Revista de Educação da Universidade Federal do Vale do São Francisco**, [S. l.], v. 7, n.14, 2017. Disponível em: <https://www.periodicos.univasf.edu.br/index.php/revasf/article/view/63>. Acesso em: 01/03/2022.

LIMA, A. A. M. **As radiações no ensino básico e secundário**. Tese de mestrado em ensino da física e da química. Faculdades de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra. 2007. Disponível em:

https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/2549/1/AbilioAMLima_MSc.pdf Acesso em 17 de ago. 2020.

LUCENA, E. A. de; REIS, R. G. dos; PINHO, A. S. de; SILVA, J. W. S. da; ALVES, A. S.; RIO, M. A. P. do; PAULA, G. A. de; GONÇALVES, M. A.; REIS, A. A. dos. Radiação ionizante, energia nuclear e proteção radiológica para a escola. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, [S. l.], v. 5, n. 1, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15392/bjrs.v5i1.215> Disponível em: <https://www.bjrs.org.br/revista/index.php/REVISTA/article/view/215> Acesso em: 05/03/202

MACHADO, Andréa Horta. **Química para o ensino médio**. São Paulo: Unijuí, 2010.

MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro. As Ciências da Natureza nas 1ª e 2ª versões da Base Nacional Comum Curricular. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 32, n. 94, p. 269-284, dez. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0018>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/152695>. Acesso em 28/12/2021.

OKUNO, Emico. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 27, n. 77, p. 185-200, 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142013000100014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/xzD9Dgv8GPFtHkxkfbQsn4f/?lang=pt> Acesso em 19 de setembro de 2020.

OLIVEIRA, Anselmo Gomes de; SILVEIRA, Dâmaris. A IMPORTÂNCIA DA CIÊNCIA PARA A SOCIEDADE. **Infarma - Ciências Farmacêuticas**, [S.L.], v. 25, n. 4, p. 169, 30 dez. 2013. Conselho Federal de Farmácia. <http://dx.doi.org/10.14450/2318-9312.v25.e4.a2013.pp169>.- Acesso em 10 de janeiro de 2022.

PELICO, Alécio Fachim. Irradiando Conhecimento: uma abordagem da radioatividade para o Ensino Médio. In: CONGRESSO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA, 1., 2009, Londrina. Anais eletrônicos... Londrina, 2009. Disponível em: <http://www.uel.br/eventos/cpequi/Completopagina/1815484542009061.pdf>. Acesso em: 10 de jan. 2022.

PEREIRA, Maurício Fernandes. **Planejamento Estratégico: Teorias, Modelos E Processos**. São Paulo: Atlas, 2010. 1 v.

Ploussi A, Efstathopoulos EP. Importance of establishing radiation protection culture in Radiology Department. *World J Radiol* 2016; 8(2): 142-147 DOI: <https://dx.doi.org/10.4329/wjr.v8.i2.142> Disponível em: <https://www.wjgnet.com/1949-8470/full/v8/i2/142.htm> Acesso em 20 ago. 2020.

PRUDÊNCIO, J.P.S.; MARTINS, L.F.S.; MARQUES, C.M.; FERREIRA, S.R. *Identification of knowledge on radiation and its effects on a university population*. *J Health Sci Inst*. 2015;33(2):111-3. Disponível em: https://repositorio.unip.br/wp-content/uploads/2020/12/V33_n2_2015_p111a113.pdf Acesso em: 28 jan.2022.

REGO, Florbela; PERALTA, Luis. Portuguese students' knowledge of radiation physics. **Physics Education**, [S.L.], v. 41, n. 3, p. 259-262, 1 mar. 2006. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/41/3/009>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/231019643 Portuguese students' knowledge of radiation physics](https://www.researchgate.net/publication/231019643_Portuguese_students'_knowledge_of_radiation_physics) - Acesso em 03/01/2022.

RIGUE, F. M.; AMESTOY, M. B. A cultura no ensino de ciências da natureza: um olhar para os PCNS e a BNCC. *Criar Educação*, Criciúma, v. 9, nº1, jan/jul 2020. – PPGE – UNESC – ISSN 2317-2452. Disponível em: <http://periodicos.unesc.net/criaredu/article/view/5617> Acesso em 06/10/ 2020.

Rodriguez, E. y Lopez, A. C. (2017). Base nacional comum curricular no Brasil: regularidade na dispersão. *Investigación Cualitativa*, 2(2), 23-35. DOI: <http://dx.doi.org/10.23935/2016/02023> Disponível em: <http://abrapecnet.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2018/05/CunhaLopes2017.pdf> Acesso em 07/10/ 2020.

SANTOS, A. S. Mesa redonda 1: Justificação, otimização no contexto do Bonn Call For Action problemas enfrentados. I fórum de radiologia e diagnóstico por imagem. Brasília -DF, 2019. Apresentação do Powerpoint. Disponível em: <https://eventos.cfm.org.br/images/PDFs/mesa%20redonda%201%20compilado%20geral.pdf> - Acessado em: 10/11/2021.

SAVIANI, Dermeval. **Educação: do senso comum à consciência filosófica**. 10. ed. São Paulo: Cortez, 1991. p.

SILVA-BATISTA, Inara Carolina da; MORAES, Renan Rangel. História do ensino de Ciências na Educação Básica no Brasil (do Império até os dias atuais). *Revista Educação Pública*, v. 19, nº 26, 22 de outubro de 2019. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/19/26/historia-do-ensino-de-ciencias-na-educacao-basica-no-brasil-do-imperio-ate-os-dias-atuais> - Acesso em: 20 de janeiro de 2022.

SILVA, Denize Francisca da; BARROS, Warley Rocha; ALMEIDA, Maria da Conceição Chagas de; RÊGO, Marco Antônio Vasconcelos. Exposição a radiações eletromagnéticas não ionizantes da telefonia celular e sintomas psiquiátricos. **Cadernos de Saúde Pública**, [S.L.], v. 31, n. 10, p. 2110-2126, out. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00104114>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/vmTL6rYzPHdZJ5NKqNCsqCr/?lang=pt&format=pdf> Acesso em: 10 de janeiro de 2021.

SILVA, Carina Burkert da; SANTOS, Thais Cozza dos; BORBA, Alana Moraes de; GOMES, Bianca Nunes; BRASIL, Carolina Litchina; BARBOZA, Daniele Vitor; SILVA, Andreza Bernardi da; WACHHOLZ, Peter de Lima; CAVALCANTI, Guilherme Albuquerque de Oliveira. Conhecimento sobre radiação ionizante diagnóstica em uma população do sul do Brasil. **Pubvet**, [S.L.], v. 13, n. 9, p. 1-7, set. 2019. Editora MV Valero. <http://dx.doi.org/10.31533/pubvet.v13n9a409.1-7.-> Disponível em: <http://www.pubvet.com.br/artigo/6218/conhecimento-sobre-radiaccedilatildeo-ionizante-diagnoacutestica-em-uma-populaccedilatildeo-do-sul-do-brasil>. Acesso em: 01 mar. 2022.

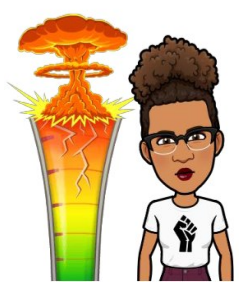
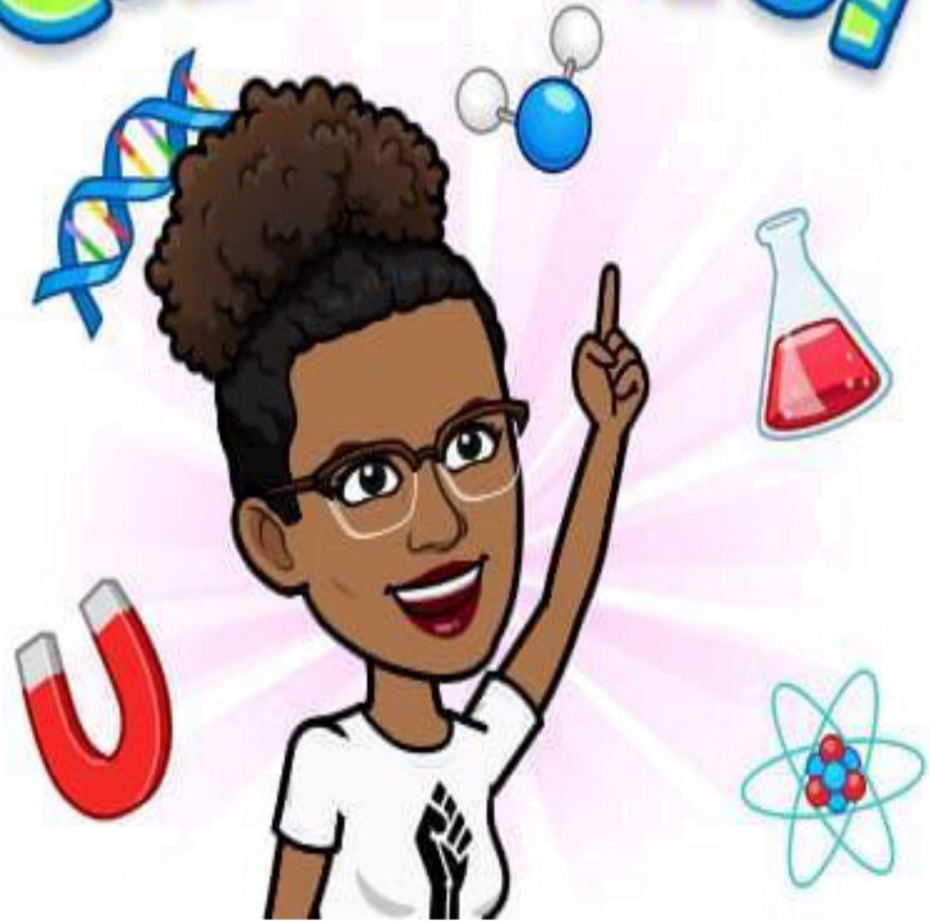
TEKIN, B. B.; NAKIBOGLU, C. Identifying student's misconceptions about nuclear chemistry. A study of Turkish high school students. *Journal of Chemical Education*, 83, n. 11 p. 1712, 2006.

TENREIRO-VIEIRA, C.; VIEIRA, R. M. Educação em ciências e em matemática numa perspectiva de literacia: desenvolvimento de materiais didáticos com orientação CTS/ pensamento crítico (PC). In: SANTOS, W. L. P. dos; AULER, D. (Orgs.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011.

VIEIRA, Luis Duarte; NICOLODI, Jean Carlos; DARROZ, Luiz Marcelo. A área de Ciências da Natureza nos PCNs e na BNCC. **Revista Insignare Scientia - Ris**, [S.L.], v. 4, n. 5, p. 105-122, 20 ago. 2021. Universidade Federal da Fronteira Sul. <http://dx.doi.org/10.36661/2595-4520.2021v4i5.12561>. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/12561/8051> Acesso em: 14 de janeiro de 2022.

VYGOTSKY, L.S. **Aprendizagem e desenvolvimento intelectual na idade escolar**. In: psicologia e pedagogia: bases psicológicas da aprendizagem e do desenvolvimento. São Paulo, Moraes, 1991. p.1-17.

CIÊNCIAS!



RADIAÇÃO



CAPÍTULO II - APRESENTANDO A RADIAÇÃO

2.1. INTRODUÇÃO

No dia a dia as pessoas realizam diversas atividades e utilizam vários objetos que são essenciais ao seu cotidiano. O intenso desenvolvimento tecnológico e industrial, em constante expansão no Planeta com a colaboração direta das pesquisas científicas, expõe a população mundial às radiações (SILVA; PEREIRA, 2011). Diante dessa exposição da população a radiação, questiona-se:

- ❖ Que relação tem a radiação com a exposição de um indivíduo ao sol ou a um raio?
- ❖ O que é um raio?
- ❖ Qual a relação da radiação com o universo, um arco-íris, ou uma banana?
- ❖ O processo de fotossíntese realizado por organismos fotossintetizantes, pode ser relacionado com a radiação?
- ❖ Como a ida ao dentista está relacionada com exposição à radiação?
- ❖ O que um exame de raios X ou um tratamento de câncer tem a ver com cultura de proteção radiológica?
- ❖ O exame RT-PCR que detecta a COVID-19, qual a sua relação com radiação?
- ❖ E o uso de aparelhos de celulares, de notebook, o ato de ligar e estar diante de uma TV, qual a relação desses hábitos do cotidiano com a radiação?
- ❖ Será que radiação é só bomba atômica nuclear?
- ❖ Os alimentos que ingerimos tem radiação? E o nosso corpo, nosso DNA, será que tem radiação?

O que se pode afirmar é que a radiação está presente no cotidiano das pessoas de forma direta ou indireta, utilizada nas mais diversas atividades e equipamentos. E sem dúvida a sociedade moderna não seria a mesma sem o uso da radiação.

O calor, a luminosidade do Sol, o sinal do *wi-fi* no computador ou celular, uma chamada telefônica no celular, o calor de uma fogueira, a emissão de calor humano são exemplos de radiações. Outro exemplo conhecido no nosso dia-a-dia é o processo da fotossíntese estudado no ensino fundamental, realizado para obtenção de energia pelos seres fotossintetizantes. Para que o processo ocorra depende da incidência da luz no interior das células desses organismos. Ou seja, da radiação absorvida nas células dos seres fotossintetizantes, resulta na transformação de matéria inorgânica (H_2O e CO_2) em matéria orgânica, glicose ($C_6H_{12}O_6$) (MOREIRA, 2013).

Ainda temos exposições à radiação quando fazemos um exame de imagem dentária ou radiografias médicas, ou, ainda, tratamentos para o câncer. As radiações são usadas, também para irradiação de frutas objetivando retardar seu amadurecimento, irradiações de pneus para detectar

defeitos de fabricação ou endurecimento da borracha, reduzindo a emissão de poluentes na natureza. Como percebemos, a radiação está presente nas mais diversas atividades humanas.

Em uma pequena faixa, conseguimos enxergá-la. É o que chamamos luz visível. Porém, grande parte das radiações não podem ser enxergadas. No item 1.3 será possível conhecer melhor sobre as ondas descritas no espectro eletromagnético.

Desde os primeiros anos de estudos de ciências os/as alunos/as aprendem sobre diversos assuntos julgados como importantes para eles, como, por exemplo, vírus e bactérias. Tanto vírus quanto bactérias não são visíveis aos olhos humanos. Porém, desde muito cedo, sabemos que se não lavarmos as mãos ou nos protegemos de diversas formas, arriscamos ficarmos doentes. Da mesma forma, ao conhecermos sobre as radiações, podemos nos proteger de exposições ou nos expormos ao sol para nosso corpo produzir vitamina D, por exemplo.

Como, desde muito cedo, no ensino de ciências, a escola ensina ser importante conhecer sobre os microrganismos, porque podem ser úteis em alguns momentos, mas também podem ser perigosos em outros. Entendemos que pelos mesmos motivos deve-se dar a mesma importância ao tema radiação.

Neste sentido, a Agência Internacional de Energia Atômica – IAEA – propôs a mais 500 especialistas, inclusive o Brasil, em atuar com ações que busquem promover a Cultura de Proteção Radiológica - CPR.

A IAEA, em suas propostas definidas na Conferência de Bonn “Chamada para a Ação” (do inglês, *Call-for-Action*) em Bonn, Alemanha (IAEA, 2012), chama atenção para a importância de uma abordagem holística de vários segmentos da sociedade, dentre eles os educadores, para intervir na mediação da CPR. O documento gerado pela conferência consiste em um conjunto de ações, estratégias e práticas a serem desenvolvidas entre as instituições, os profissionais e usuários que se expõem à radiação. Esse conjunto de atitudes deve ser enfatizado para que se garanta proteção e segurança das pessoas em relação ao uso da radiação (PLOUSSI, 2016).

Deve-se atentar para princípios básicos da ciência e para as responsabilidades em atuar na difusão dos conhecimentos científicos junto à sociedade. Neste sentido a IAEA refere-se em especial ao tema da radiação (IAEA, 2012). Acredita-se que uma maneira de fazer essa difusão é conhecer o contexto histórico da ciência e sua aplicação, pontos que serão detalhados mais adiante.

Ficha Didática: Apresentando a Radiação

Tema	Radiação por toda parte.
Ano/Série	9º Ano do Ensino fundamental II
Sinopse e Objetivo	Este material paradidático explora atividades didáticas a serem realizadas visando apresentar o que é radiação, seus tipos, formas, fontes e como convivemos com elas no nosso cotidiano. Em seu interior, apresenta estratégias de estudos, aprendizagem e atividades como um instrumento facilitador na aprendizagem.
Habilidade da BNCC	(EF09CI06) . Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raios X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.
Objeto de conhecimento	<p>Conceituais: Conceito de radiação. Conceito de radiação ionizante e não ionizante. Conceito de fontes de radiação.</p> <p>Procedimentais: Uso de recursos gráficos, mapa conceitual, para organização e representação das contribuições dos cientistas.</p>
Expectativas	Conhecer o que é radiação, seus tipos, suas fontes e suas aplicações.

APRESENTADO



Capítulo II – Apresentando a radiação

2.2 Conhecendo a radiação

2.3 - Tipos de radiação

2.4 - Espectro eletromagnético

2.5 - Fontes de radiação

2.6 - Radiação ionizante em nosso cotidiano

2.7 - Efeitos da radiação no organismo



SINOPSE

Sem dúvidas, um dos feitos mais importantes da história da Ciência foi a descoberta das Radiações. É possível afirmar que a sociedade moderna, dificilmente sobreviveria sem o uso direto da radiação. Seja nas comunicações, na medicina, nas indústrias de modo geral, na agricultura e pecuária, dentre outros. Por isso, a importância de saber o que é radiação, quais seus tipos e de onde ela vem, contribuem para a evolução do ensino de ciências e suas tecnologias na sociedade moderna.

OBJETIVO



Apresentar o que é radiação, seus tipos, fontes e como convivemos com elas no nosso cotidiano.



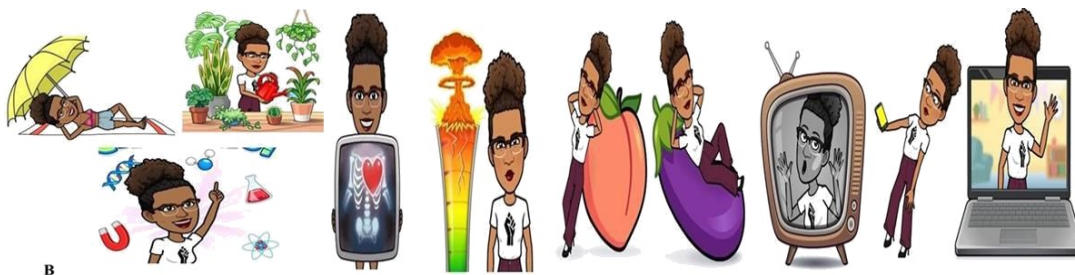
(EF09CI06). Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio-X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.

DESPERTANDO CONHECIMENTOS PRÉVIOS



Observe as figuras abaixo.

Figura A: Ilustrações diversas sobre fontes de radiação. Figura: B Ilustrações de uso diverso da radiação.



Fonte: (PIRES, 2022), Imagens de domínio público

Agora responda com base em seus conhecimentos prévios:

- 1) Qual a relação da radiação com as imagens?
- 2) Em qual ou quais imagens é possível identificar a presença de radiação?
- 3) Você já algum exame de Raios X? Qual/ais?
- 4) Se a resposta da questão 3 foi sim, você sabe dizer qual o tipo de radiação foi usado na realização do exame?

- 5) Você consegue reconhecer algum tipo de radiação em volta de você no seu dia a dia?
- 6) Há aparelhos em sua residência que usa a radiação para seu funcionamento? Qual/ais?

MAS, O QUE É RADIAÇÃO?



DESENVOLVENDO O TEMA



2.2. CONHECENDO A RADIAÇÃO

A radiação é a “energia emitida e transferida no ambiente” (BUSHONG, 2010). Outra definição é: “radiação é a propagação de energia em forma de ondas eletromagnéticas, às quais obedecem a variações no espaço e tempo no campo eletromagnético” (ATALÃO, 2010). Ou então, radiação é um fenômeno natural existente desde a formação do universo, bem como, do planeta Terra. (SILVA, et al., 2019).

Então, como podemos definir radiação?

Radiação é um fenômeno físico que emite ou propaga energia através de partículas, ou de ondas eletromagnéticas em movimento. É um fenômeno que pode ocorrer em um meio material ou no vácuo.

Quando ouvimos a palavra radiação, geralmente relacionamos a bombas atômicas, como as que foram lançadas pelos Estados Unidos durante a Segunda Guerra Mundial nas cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki. Ou ao acidente nuclear que aconteceu em Goiânia, quando catadores de reciclagem encontraram, descartado em uma clínica abandonada, um aparelho de radioterapia que tinha em suas peças um tubo blindado e identificado com o mineral radioativo Césio 137. Ao acidente ocorrido na cidade de Chernobyl, na antiga União Soviética, onde um reator de uma usina nuclear explodiu e pegou fogo na região que hoje é o norte da Ucrânia

causando o pior acidente nuclear da história. O acidente da usina nuclear de Fukushima, quando três reatores nucleares foram danificados após um terremoto de 9 graus na escala Richter atingir o Japão em 2011.

Os eventos citados e tantos outros, infelizmente, fazem parte da história e aconteceram em sua maioria, por consequências humanas. Porém, a radiação não causou apenas catástrofes e tragédias. Ela é necessária e importante na atualidade, é importante para a manutenção da vida na Terra.

A radiação está presente no arco-íris, em um exame de raios X, em tratamentos radioterápicos contra o câncer, em diversos alimentos naturais essenciais à nossa alimentação como a banana e a castanha do Brasil, por exemplo, em aeroportos, oferecendo maior segurança por meio dos aparelhos de raios X no setor de embarque, na conservação de frutas e legumes a serem comercializados de uma região para outra do país e do mundo, garantindo sua vida útil e retardando sua decomposição. Está presente em um dos principais e mais utilizados exames para detectar a COVID-19, o Polimerase por Transcriptase Reversa - RT-PCR. E tem sido usada durante a pandemia, para higienizar ambientes com alto risco de contaminação do vírus SARS COV 2, como hospitais e aviões de transporte de passageiros.

Há produtos que usamos e são radioativos, são eles: castanha do Brasil, cerveja, detectores de fumaça, lâmpadas fluorescentes e algumas pedras preciosas, como a turmalina, o topázio e alguns diamantes. Esses produtos contêm, amerício-24, potássio-40, krypton-85, rádio - 226 (VALIM, 2018). Felizmente a presença desse isótopo (átomos de um mesmo elemento químico que tem o mesmo número atômico, mas número de massa diferente devido a diferentes números de nêutrons em seus núcleos) não representa riscos à saúde humana. Todos esses exemplos e tantos outros não apresentados, mostram como a radiação está presente em nosso dia a dia sem que nos demos conta de sua presença.

PRATICANDO O CONHECIMENTO



ATIVIDADES

1. Julgue como verdadeiro ou falso:
2. A Terra não emite radiação _____
3. A radiação é sempre prejudicial à vida na terra _____
4. Organismos fotossintetizantes dependem da radiação para viver _____
5. A radiação dos raios ultravioletas do sol não causa câncer _____
6. Para Silva e colaboradores (2019), radiação é um fenômeno natural existente desde a formação do universo, bem como do planeta Terra. Você concorda com essa afirmação? Justifique sua resposta.
7. Observe a figura abaixo e responda o que se pede:



- a) Qual ou quais figura/s apresenta/m ambiente com radiação?
 - b) Qual é a origem da radiação nas imagens 1, 2, 3 e 4? Justifique sua resposta.
 - c) Qual imagem tende a apresentar maior incidência de radiação? Justifique sua resposta.
 - d) Por estarem apresentando ambientes naturais, podemos afirmar que não há presença de radiação nesses ambientes. Você concorda com essa afirmação? Justifique sua resposta.
8. Cite 5 formas de uso da radiação na atualidade que é importante para a humanidade.
 9. Dê a sua opinião sobre a importância de saber o que é radiação logo no início da vida escolar.



2.3. TIPOS DE RADIAÇÃO

A radiação pode ser dividida em dois tipos: não ionizante e ionizante.

2.3.1. Radiações não ionizantes

As radiações não ionizantes, é energia pura sob forma de ondas elétricas e magnéticas que interagem e se deslocam pelo ambiente (BUSHONG, 2012). Ela é pouco energizada, mas tem poder de penetração na matéria biológica. As ondas de rádio, infravermelho, micro-ondas e luz visível, são exemplos.

Os raios ultravioletas (raios UV) emitidos pelo sol, também é radiação não ionizante e representa a principal fonte de exposição de radiação a qual o ser humano está submetido. Porém, ao contrário das ondas de rádio, do infravermelho e das micro-ondas, os raios ultravioletas A (UVA) e os ultravioletas B (UVB), têm capacidade de penetrar as células. Os raios UVA entram intensamente na pele e são os principais responsáveis pelo envelhecimento das células da epiderme, também tem uma participação em alergias, manchas e pode estimular a pele ao aparecimento do câncer (INCA, 2020). A radiação UVB é parcialmente absorvida pela camada atmosférica da Terra. O restante dos raios que conseguem ultrapassar essa barreira são prejudiciais ao organismo humano, pois penetram de forma superficial na pele e são a responsáveis pelas queimaduras, vermelhidão, sensação de ardência provocadas pelo sol e também pode levar ao aparecimento de câncer de pele.

As fontes de radiação não ionizantes podem ser naturais ou artificiais. O sol e as descargas atmosféricas (relâmpagos) são as fontes naturais. As fontes artificiais são: **laser**, geralmente em equipamentos de diagnóstico à laser; corpos incandescentes, como as lâmpadas, ferro de passar roupas, aquecedores, controle remotos, leitores de códigos de barra, câmeras de visão noturna e mouse são fonte de radiação **infravermelha**; sistemas de telecomunicação em geral, como telefones celulares, GPS, radares e transmissões de sinal de rádio e TV, redes Wi-Fi, são fontes de radiação por **ondas de rádio**; presente em equipamentos eletroeletrônicos como os fornos de micro-ondas, há a radiação de **micro-ondas**; os equipamentos clínicos que realiza exames de ressonância magnética são fontes radiológicas por **campo magnético**.

É importante sabermos que em alguns ambientes, principalmente de trabalho, esse tipo de radiação pode causar danos à saúde do trabalhador/a, sobretudo a radiação solar e os serviços de soldagem que emitem radiação ultravioleta. Há vários estudos que alertam para a

associação de danos à saúde mental e física, relacionados a exposição contínua da radiação não ionizante emitida por fontes artificiais (YOUNG & ABREU, 2011).

No entanto, ela faz parte do cotidiano das pessoas e é fundamental para atividades do dia-a-dia que vai desde uma viagem de avião, um exame de ressonância ao uso do celular. Ou seja, a sociedade moderna depende desse tipo de radiação para seu bem-estar em geral.

2.3.2. - Radiações ionizantes

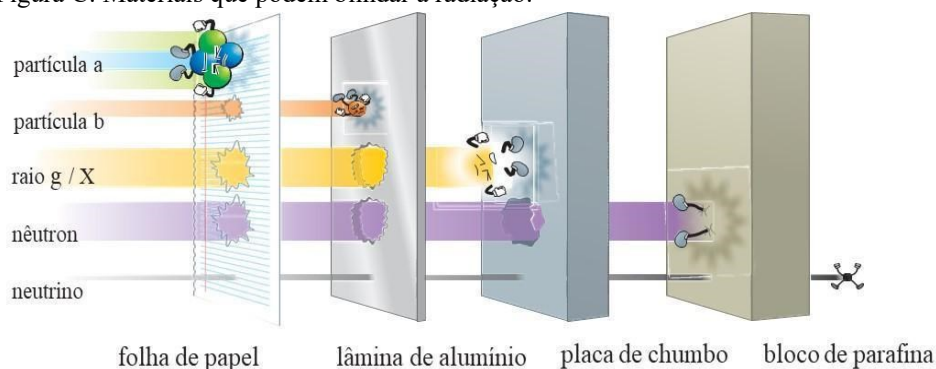
As radiações ionizantes são formas de radiações que possuem energia suficiente para ionizar (remover elétrons orbital do átomo) átomos e moléculas biológicas com as quais interagem (ATALÃO, 2010). As radiações ionizantes podem ser convenientemente classificadas em: radiação nuclear e radiação por fótons (BUSHONG, 2010).

As radiações nucleares são as partículas alfa – α , partículas beta – β , raios gama – γ e nêutrons. É importante ressaltar que a radiação nuclear tem sua origem no núcleo de **átomos de elementos químicos radioativos como potássio 40, urânio 238, radônio 222, o céσιο 137**, dentre outros.

Já a radiação ionizante por fótons são os raios X. São ondas eletromagnéticas com comprimento de onda entre 0,01 nanômetro (nm) e 10 (nm), (a frequência = f, entre $3 \cdot 10^{16}$ Hz e $3 \cdot 10^{19}$ Hz) e com alto poder de penetração na matéria biológica (veja a Figura C a capacidade que radiação ionizante tem penetração em objetos diferentes), podendo provocar quebra da molécula do DNA, aumentando a probabilidade de ocorrer mutações celulares que podem resultar em câncer, queimaduras ou até mesmo alterações genéticas (CARVALHO, 2017).

A diferença entre os raios X e os raios gama é, exclusivamente, sua origem. Os raios x são originados a partir da nuvem eletrônica de um átomo excitado artificialmente. Os raios gama, surgem do interior do núcleo de um átomo radioativo. Ou seja, surge das desexcitações nucleares (BUSHONG, 2010; YOSHIMURA, 2015). A sociedade atual, de certa forma, se tornou dependente do uso da radiação ionizante e, ao contrário do que muitos pensam, não usamos radiação ionizante só na medicina.

Figura C: Materiais que podem blindar a radiação:



Fonte: Aplicações da Energia Nuclear na Saúde (CARVALHO, 2017). SBPC. Disponível em: <<http://portal.sbpcnet.org.br/livro/energianuclearnasaude.pdf>>. Acesso em março 2020.

O uso da radiação ionizante no cotidiano é indispensável, vejamos algumas formas de sua utilização: na medicina com a realização de exames de raios X, mamografia, tomografia, radioterapia; nos aeroportos na passagem de bagagem em raio X; na indústria de alimentos garantindo sua preservação e retardando o amadurecimento das frutas; na fundições metálicas ou soldas; na indústria farmacêutica com a fabricação de medicamentos (radioterápicos ou radiofármacos) usados em tratamento de câncer; na conservação de obras de arte; em estudos de análise e conservação do solo.

Pode, ainda, ser usada para desinfetar ambientes que tenham concentração de microrganismos ou vírus. Seu uso também está presente na produção de energia nuclear e de bombas nucleares, também chamadas erroneamente de bombas atômicas.

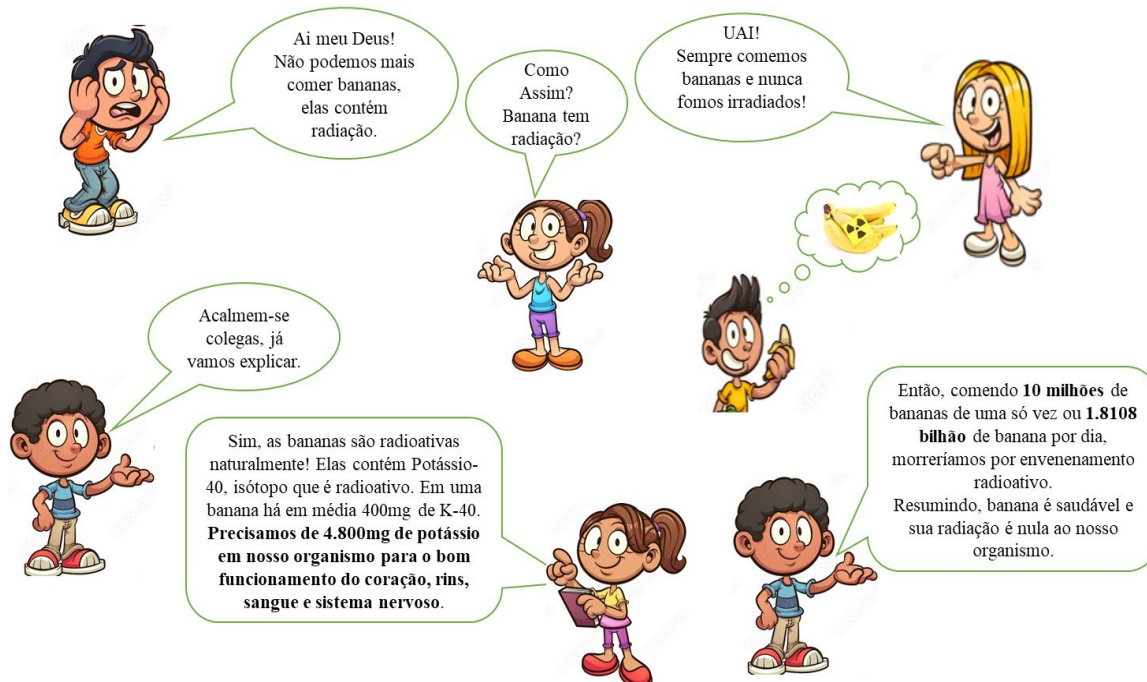
Observa-se que a humanidade usa radiações ionizantes nos mais diversos segmentos industriais/serviços e não apenas na medicina. Sendo assim, os perigos de uso da radiação existem, mas depende de como ela é usada e não em seu uso propriamente dito.

Sabe-se que a radiação ionizante pode levar a morte de tecidos e até do organismo. No entanto, para que isso ocorra, depende do período de exposição e da dosagem a que o indivíduo foi exposto. Os exames de raios X representam a principal fonte artificial de radiação ionizante a que as pessoas se expõem (BUSHONG, 2012). Mas, também estamos expostos quando comemos bananas, cenoura, batata inglesa, carne, feijão, cerveja ou castanhas do Brasil, nosso corpo tem radiação. As fontes naturais de radiação representam o principal meio de exposição.

Não temos como fugir da radiação, no entanto, não precisamos nos preocupar em comer bananas, pois precisaríamos comer bilhões de bananas em um dia para que fôssemos contaminados. Quanto aos exames de raios X, devemos realizar o exame apenas com a orientação médica e quando o benefício for superior ao risco. Uma vez que a relação tempo

de exposição e quantidade de dose, estão correlacionados com os perigos da radiação ionizante. O quadrinho abaixo (FIGURA D), traz mais informações sobre a radiação contida na banana conforme informações dos sites <https://pt.quora.com> e <https://www.folhadedourados.com.br>.

Figura D: HQ – Radiação da banana



Fonte: (PIRES, 2022). Imagens de domínio público.

PRATICANDO O CONHECIMENTO

ATIVIDADES



1. As imagens abaixo representam fontes que emitem radiação ionizante e não ionizante. Você deve elaborar uma tabela com duas colunas e relacionar o tipo de radiação (ionizante/ não ionizante) ao tipo de fonte colocando o nome descrito na imagem.



Atena de sinal de Telecomunicação



Castanha do Brasil



Radiografia dos dentes



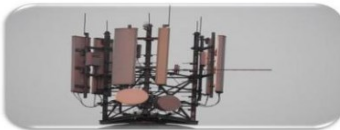
Exame de Ultrassonografia



Usina Nuclear



Mulher recebendo tratamentos de terapia de radiação para câncer de mama



Mastros de telefonia móvel



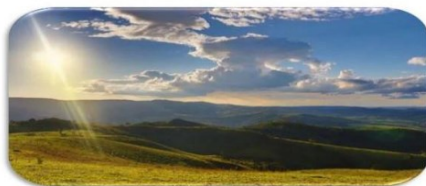
Aparelho de Micro-ondas



Aparelhos de celular, tablet e computadores



Radiografia do Tórax

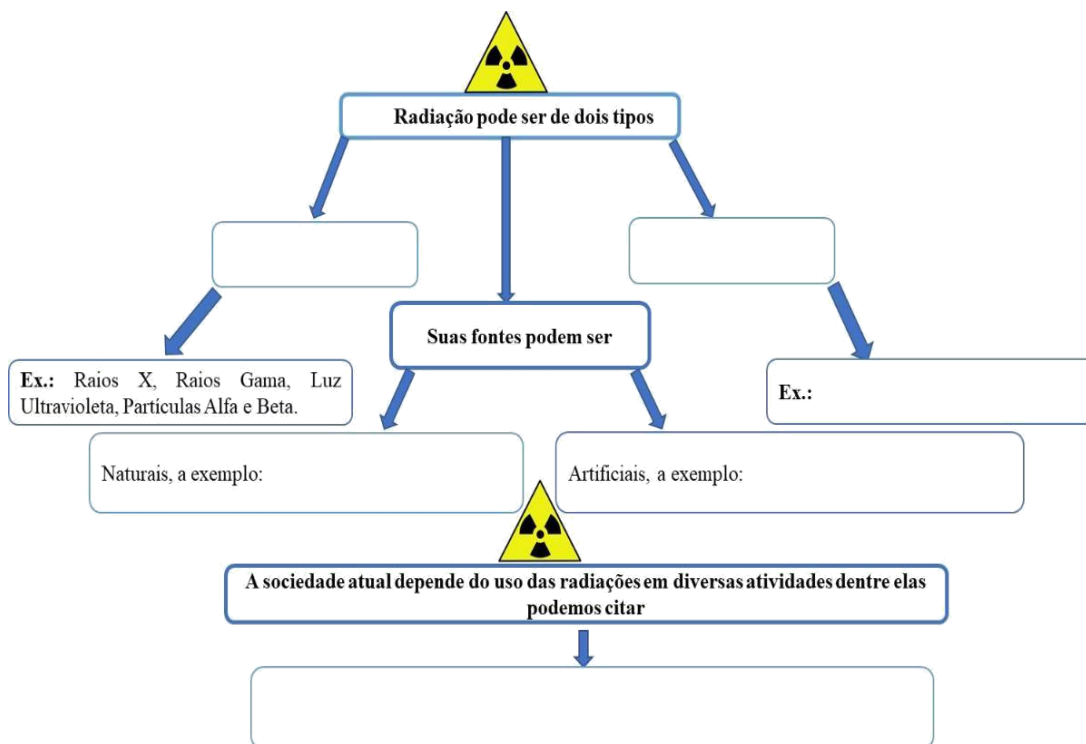


Natureza



Banana

2. Após ter lido os textos sobre os tipos de radiação, complete o mapa conceitual:



3. O que diferencia radiação ionizante da não ionizante?
4. Informe objetos que você usa em seu cotidiano que precisa de radiação para funcionar.
5. Por que não há risco em comer alimentos como a castanha do Brasil ou a banana, mesmo sendo considerados alimentos radioativos?
6. A Figura C, do texto estudado, representa as partículas que emitem radiação bem como os materiais que podem blindar cada uma delas. Sendo assim, indique abaixo a relação correta de cada partícula com sua blindagem, respectivamente.
 - a) as partículas alfa – α e partículas beta – β : lâminas de alumio e placas de chumbo.
 - b) as partículas alfa – α e partículas beta – β : folha de papel e placa de chumbo
 - c) raios gama, raios X e nêutrons: placa de chumbo e bloco de parafina
 - d) raios gama, raios X e nêutrons: lâminas de alumio e placas de chumbo.
7. Explique de maneira objetiva a diferença existente entre os raios X e os raios gama.
8. Interprete a frase: A sociedade atual, de certa forma, se tornou dependente do uso da radiação ionizante.
9. Leia o texto desta seção, informe quais as fontes naturais e artificiais de radiação ionizante e cite onde usamos esse tipo de radiação.
10. Complete os espaços com os termos adequados:

Os _____ representam a principal fonte de radiação artificial a que os seres humanos se expõem. Esse tipo de radiação é usado para fazer _____ de diagnóstico de imagem e sua ampla utilização se

intensificou na década de 90, com o uso do aparelho de _____. A utilização desse tipo de radiação é importante para diagnosticar doenças como o _____, mas, também, é usada em diversas atividades humanas dentre elas _____, _____ e _____.

Agora indique a sequência em que os termos preenchem corretamente os espaços em aberto no texto.

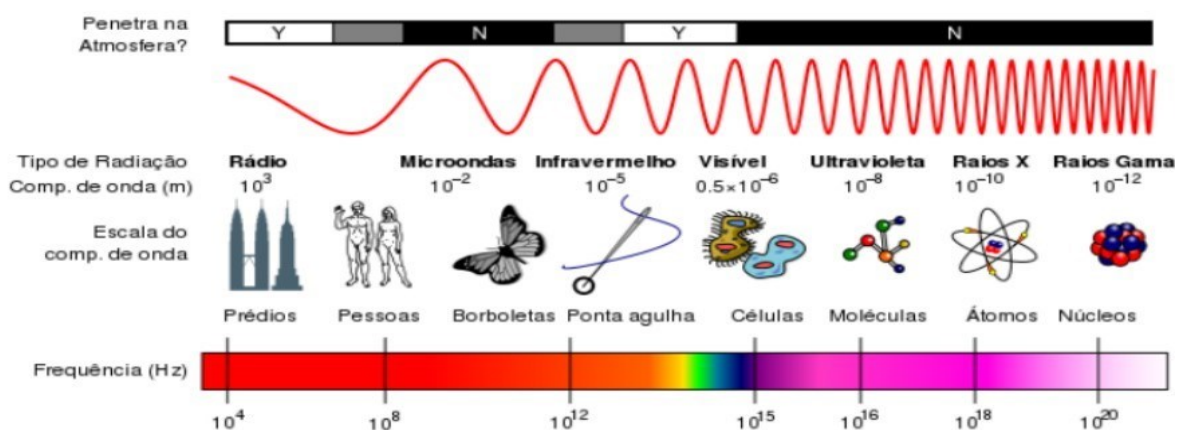
- Raios X; Exames; Tomografia; Câncer; Indústrias; Produção de Energia; Meio Ambiente.
- Raios X; Câncer; Tomografia; Exames; Indústrias; Produção de Energia; Meio Ambiente.
- Tomografia; Câncer; Indústrias; Produção de Energia; Meio Ambiente; Raios X; Exames.
- Indústrias; Produção de Energia; Meio Ambiente; Raios X; Tomografia; Câncer; Exames.



2.4. ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

O espectro eletromagnético é o conjunto de ondas eletromagnéticas que são classificadas conforme com sua frequência ou comprimento de onda (CARVALHO, 2017). A denominação das diversas regiões do espectro eletromagnético (Figura E) só tem relação com a origem ou com a maneira de observação das ondas, uma vez que todas podem ser descritas dentro dos campos elétricos e magnéticos, propagam-se no vácuo com igual velocidade. A velocidade da luz que é de 299 792 458 m /s.

Figura E: Espectro eletromagnético



Fonte: Domínio público.

O comprimento de ondas e a frequência são as grandezas que caracterizam as ondas eletromagnéticas. Essas grandezas são tradicionalmente usadas para demonstrar a radiação de cada região do espectro eletromagnético (CARVALHO, 2017). A frequência varia contrário ao comprimento de onda, que é velocidade, quanto maior a energia da onda, menor é o comprimento da onda (FIGURA E), e maior o poder de penetração.

Quando observado as ondas pelo espectro eletromagnético, veremos que as ondas da esquerda têm comprimentos de ondas que podem variar de cem metros a mil nanômetros². Ou seja, tem maior comprimento de onda e, por consequência, menos energia. Enquanto a partir da luz visível, que está no centro do espectro eletromagnético, até sua ponta direita chegando aos raios gama, os comprimentos são todos de medidas nanométricas³, transportam muita energia e tem grande poder de penetração na matéria.

2.4.1. Como a radiação se propaga

A radiação se propaga com uma determinada velocidade por meio de um campo elétrico e magnético, tendo a forma de uma onda eletromagnética, caracterizada por seu comprimento de onda ou sua frequência, distribuída nas diversas faixas de onda dentro do espectro eletromagnético. No texto abaixo entenderemos o que é uma onda e quais suas estruturas.

Há muitos tipos de ondas, como por exemplo, ondas do mar, ondas numa corda, numa mola, ondas sonoras. Todas essas são chamadas de ondas mecânicas e há as ondas eletromagnéticas, (Figura D). Para o Prof. Dr. Sergio Pilling ([S.I.]), ondas são um tipo de perturbação ou distúrbio conduzido no vácuo ou em um meio material (sólido, líquido ou gasoso) que transportam determinado tipo de energia. As ondas são diferentes em diversas características, mas o que todas têm em comum é que transportam energia de um ponto a outro (PILLING [S.I.]). Vejamos algumas das principais características de ondas: frequência, tempo, amplitude, comprimento de onda, vale e crista.

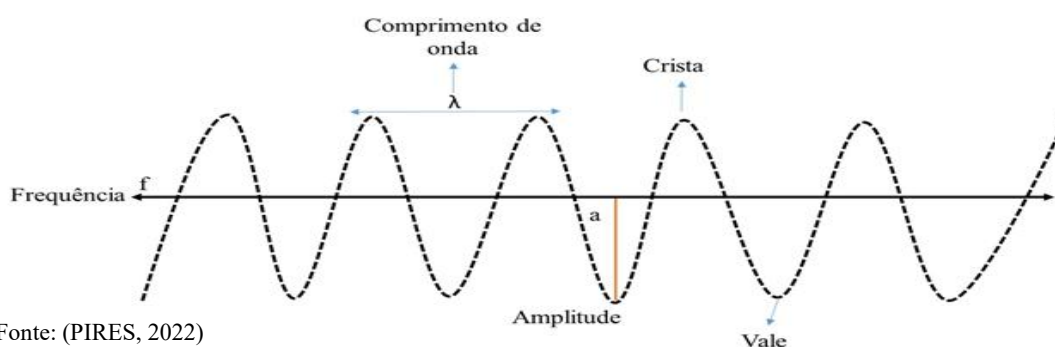
²As ondas de rádio, as micro-ondas variam seus comprimentos de ondas em metros (m), centímetros (cm) e as infravermelhos tem seu comprimento de ondas por volta de mil nanômetros (um nanômetro-nm, equivale a 0,000.000.001 metros, ou seja, um bilionésimo de metro, ou um milionésimo de milímetro), são ondas cujos comprimentos de ondas são grandes e suas frequências são proporcionais a estes comprimentos. Essas ondas transportam pouca energia, o que lhes conferem pouco poder de penetrar na matéria biológica.

³A partir da luz visível, dentro espectro eletromagnético as medidas de comprimentos de ondas são todas abaixo de dez nanômetros, os raios X e os raios gamas diretamente são os que devemos ter mais atenção pois seus comprimentos de ondas são os mais nanométricos, com alta frequência e capacidade de transportar muita energia a ponto de penetrar em diversos objetos e matéria biológica.

A **frequência** (f) é o total de oscilações realizadas de um ponto qualquer da onda pela fração de tempo. No Sistema Internacional de Unidades - SI, usamos o Hertz (Hz) para medir a frequência, 1 Hz significa o número de oscilações que acontecem em 1 segundo.

A Figura F, apresenta as principais partes de uma onda assim identificadas: **período** é o intervalo de tempo de uma oscilação completa ou o intervalo de tempo em que um ponto da onda necessita para completar um comprimento de onda ou seja, o tempo necessário para a realização de uma única oscilação; **amplitude** corresponde à altura da onda, indicada pela distância entre a posição de repouso da onda até sua crista ou vale; **crista** representa o ponto máximo da onda e o **vale** por sua vez, corresponde ao ponto mínimo; **comprimento de onda**: indicado pela letra grega lambda (λ), caracteriza a distância entre dois vales ou duas cristas contínuas.

Figura F: demonstração de oscilações de onda e suas principais características.



Fonte: (PIRES, 2022)



2.5. FONTES DE RADIAÇÃO

Por ser o sol a principal fonte de radiação da Terra, o fenômeno está presente principalmente na natureza. Assim, compreende-se que vivemos envoltos/as à radiação resultante de diversas fontes não só naturais, mas também artificiais.

Todos os seres vivos do nosso Planeta têm vivido e evoluído em regiões que facilmente os expõe à radiação natural. Com a globalização e as demandas da sociedade moderna, nós humanos/as e outros organismos, somos também expostos a fontes artificiais. Mais de 80% da exposição humana à radiação deriva de fontes naturais e somente 20% de fontes artificiais, principalmente de aplicações da radiação na medicina (UNEP, 2016).

Como fonte de radiação natural temos o sol, as estrelas (FIGURA G), o solo, o ar atmosférico, as residências, os alimentos, bebidas e nosso próprio corpo. A radiação solar

chega até nós por meio dos raios ultravioletas. As casas, prédios e edifícios podem apresentar um gás radioativo específico, chamado radônio, ou os materiais usados na construção das residências e prédios, podem conter radionuclídeos, (também chamados de átomos isótopos possuem o mesmo número de prótons e diferente número de nêutrons e massa atômica) que aumentem a exposição humana à radiação.

Figura G: sol e estrelas, fontes naturais de radiação



A imagem a esquerda ilustra os raios solares em contato com a atmosfera, camada gasosa que protege a Terra de grande parte da radiação solar. A imagem a direita ilustra o céu estrelado, as estrelas são fontes de radiação cósmica.

Fonte: Domínio público.

O Radônio é um gás natural que está por toda parte (FIGURA H). Vem dele a maior parte da radiação que está no solo e no ar, não sendo possível viver sem que estejamos diretamente em exposição com a radiação.

Figura H: distribuição mundial de exposição à radiação.



Fonte: (UNEP, 2016).

Há radiação nas bananas, no feijão, na castanha do Brasil (FIGURA I), nos peixes e crustáceos, cenoura, sal com baixo teor de sódio, carne vermelha, cerveja e água. Esses alimentos e bebidas contém elementos químicos radioativos ou isótopos, tais como, carbono,

rádio, potássio, radônio. Quando ingerimos esses alimentos, nosso organismo naturalmente passa a ser também uma fonte de radiação.

Figura I: alimentos radioativos. A banana, castanha-do-Brasil, cenoura e batata contêm os radionuclídeos potássio – 40 e radônio – 226, já a carne vermelha contém certa quantidade de potássio-40.



Fonte: Domínio público.



2.6. RADIAÇÃO IONIZANTE EM NOSSO COTIDIANO

As aplicações e o uso pacífico da radiação são geralmente desconhecidos pela população (CARVALHO, 2019). A radiação ionizante é usada por exemplo em: exames de raios X (FIGURAS J e K), na medicina radiológica, na produção de energia nuclear, mas também em diversos segmentos da indústria, estudos ambientais, produção e conservação de alimentos e preservação de bens culturais, como obras de artes e pinturas de monumentos.

Exames em radiografia realizados pelas pessoas quando vão ao dentista, quando têm uma fratura óssea, uma pneumonia ou quando precisam fazer uma tomografia, são exemplos de como a população usa esse tipo de radiação.

Figura J: esquema representativo de raios X.

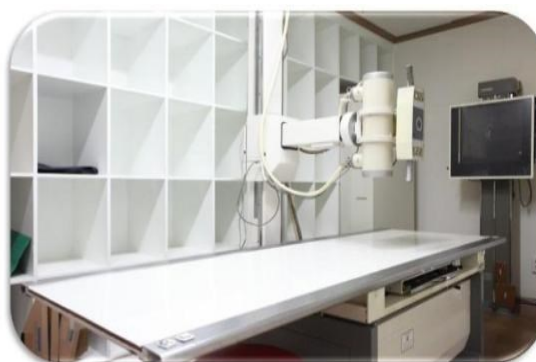


Fonte: (CARVALHO, 2017).

Figura K: Tomógrafo e aparelho de raios X.



Fonte de radiação artificial - Tomógrafo.



Fonte de radiação artificial – Aparelho de Raios X.

Fonte: Domínio público.

A medicina radiológica ou nuclear, é uma especialidade médica que faz uso de fontes de radiação ionizante para diagnósticos e tratamentos de doenças como o câncer. Seu uso resulta de fontes de radioisótopos, em forma de remédios aplicados em doses baixas em pacientes que estejam em tratamento de câncer (DOROW, 2019).

Nas indústrias, a radiação ionizante é usada na área químicas e do petróleo ou na mineração. O uso nessas áreas ajuda na detecção de fluido ou sólido a ser estudado, bem como, na detecção de vazamentos em tubulações, onde existem falhas nas conexões ou rachaduras (CARVALHO, 2019).

Usa-se radiação ionizante na proteção do meio ambiente em estudos de solo. O movimento e a erosão do solo podem ser estudados por radiotraçadores, isótopos cujo percurso pode ser traçado pela detecção de sua radiação (AHMED, 2005; HIGGY, 2000) Estudos meteorológicos também podem ser feitos por radiotraçadores, que colaboram

diretamente não só com a conservação do meio ambiente, como também no manejo do solo para cultivo de alimentos e criação de animais.

A radiação ionizante tem sido usada na agricultura e na pecuária, aperfeiçoando a produção de alimentos: seja na análise e preparo do solo, na seleção de sementes de qualidade e variedades de vegetais adaptadas a certas condições climáticas, no controle de pragas agrícolas, no cuidado da saúde de rebanhos, dentre outras aplicações (CARVALHO, 2019).

Observa-se que são inúmeras as aplicações da radiação ionizante no cotidiano da população. Os exemplos acima citados mostram que nos tornamos dependentes da radiação ionizante para diversas atividades essenciais à nossa sobrevivência.

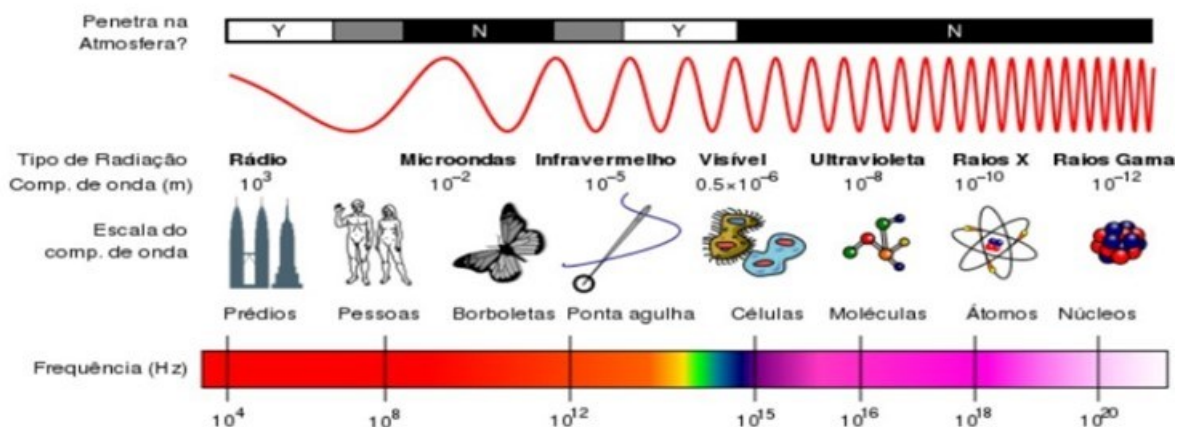
PRATICANDO O CONHECIMENTO



ATIVIDADES

Observe o Espectro Eletromagnético abaixo e responda as questões de 1 a 4:

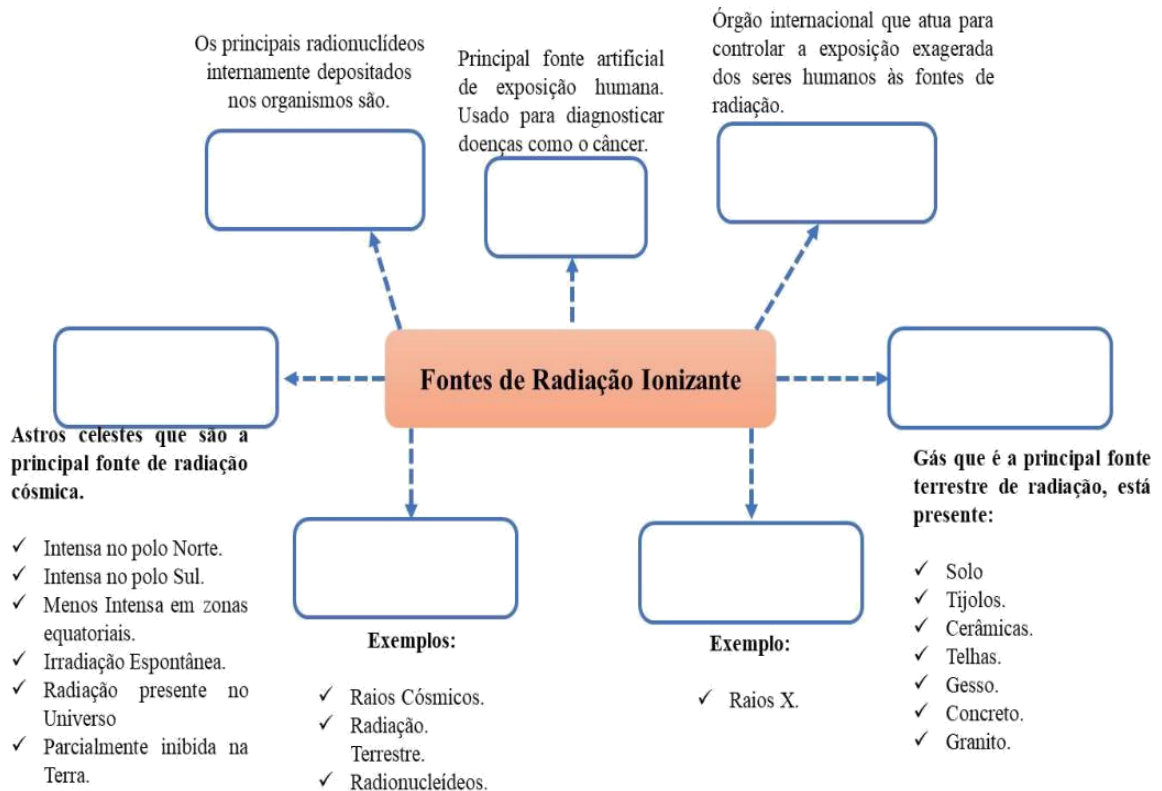
Figura E: Espectro eletromagnético



Fonte: Domínio público.

1. Que tipo de equipamentos há em sua casa que funcionam usando radiação?
2. O funcionamento desses equipamentos está relacionado a que tipo de radiação?
3. Por que devemos evitar exposição prolongada ao sol?
4. O sinal de *internet 5G* causa câncer? Justifique sua resposta.
5. Assinale como Verdadeiro ou Falso:

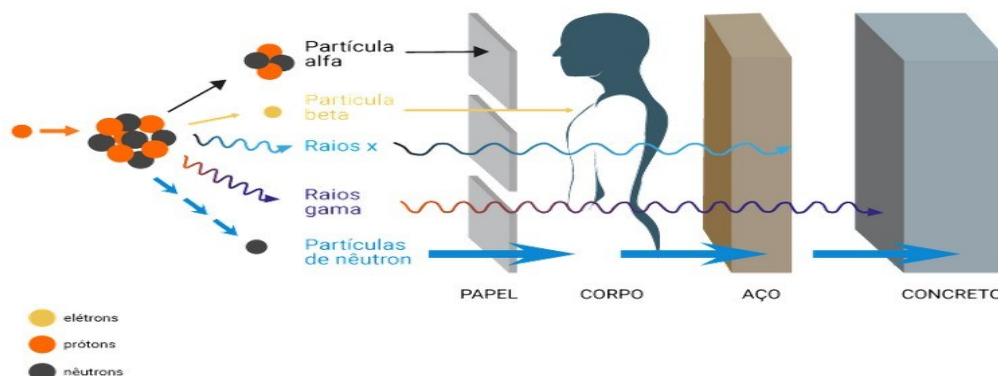
- a) O corpo humano é uma fonte natural de radiação, assim como a banana e a castanha do Brasil.
() Verdadeiro () Falso
- b) Toda e qualquer forma de radiação só faz mal aos seres humanos.
() Verdadeiro () Falso
- c) Há dois tipos de fontes de radiação, as fontes naturais do ambiente e as fontes artificiais.
() Verdadeiro () Falso
- d) Os seres humanos se expõem mais às fontes de radiações artificiais que as fontes naturais.
() Verdadeiro () Falso
6. Explique a frase: “Toda porção de terra ou qualquer produto à base de terra tem radiação”.
7. Sobre o Radônio marque o for incorreto:
- a) É um gás radioativo;
b) É a maior fonte de radiação natural da Terra;
c) O Radônio surgiu da diminuição natural do Rádio;
d) Os prédios e as casas em alvenaria podem liberar Radônio.
8. Marque com um X a informação correta:
- a) Os organismos tais como os seres humanos, os vegetais e peixes não têm radiação depositada internamente.
b) Na Terra há vários radionuclídeos que elevam a exposição à radiação, mas em nenhum momento pode ser perigoso para os seres vivos em geral.
c) Radônio, Urânio, Polônio, mas sobretudo o Potássio, são todas substâncias que são naturalmente metabolizadas pelo organismo.
d) A radioatividade dos alimentos não é prejudicial à saúde.
9. Sabe-se que Tecnécio-99, Flúor-18, Iodo-131 e Gálio-67 são exemplos de isótopos radiofármacos utilizados pela medicina nuclear. Sobre os radiofármacos também é correto afirmar que:
- a) São altamente perigosos por oferecer risco às pessoas.
b) São substâncias radioativas usadas para realização de exames e tratamentos de radioterapia.
c) São substâncias que não são usadas em diagnóstico e tratamentos de nenhuma doença.
d) A radiação emitida pelos radiofármacos no interior do organismo não contribui para detectar o câncer.
10. Complete o mapa conceitual.



2.7. INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO IONIZANTE NO ORGANISMO

Por ter capacidade de interagir com os tecidos vivos (FIGURA L), a radiação ionizante pode causar sérios danos ao organismo. As partículas e raios emitidos são muito energizados a ponto de atravessar o corpo humano e provocar mutações nas células.

Figura L: demonstração da capacidade que a radiação ionizante tem de penetrar no corpo humano e em outras matérias não biológicas.



Fonte: (FERREIRA, 2021) Disponível em: <https://radioprotecaonapratica.com.br/efeitos-da-radiacao-no-corpo-humano/> - Acesso em: 30 de abril. de 2022.

Na interação da radiação com a matéria pode ocorrer a transferência de energia, quando isso acontece é possível que ocorra a ionização e excitação dos átomos e moléculas das células, esse processo leva a modificação, mesmo que temporária, nas estruturas moleculares. A molécula de ácido desoxirribonucleico (DNA) pode sofrer maiores danos com os efeitos físico-químico, biológicos e orgânicos:

Os **efeitos físico-químicos** provocam a morte ou causam danos às células, ocorrem sem que possam ser controlados. Neste caso, os eventos químicos ocorrem após os físicos, quebram as ligações entre os átomos e de maneira rápida formam radicais livres⁴. Como resultado pode ocorrer queimaduras na pele, perda de cabelo e diminuição da fertilidade (UNEP, 2016, p. 14). Os **efeitos biológicos** são consequências do efeito físico-químico, podem ocorrer em frações de minutos, mas também podem levar anos para se manifestar, neste caso, o organismo busca se defender por conta própria, reduz as células de defesa e fragilizar-se, podem ser divididos em: estocásticos ou determinísticos. A diferença básica entre eles é que os efeitos estocásticos causam mutação na célula, enquanto os determinísticos causam a morte (Azevedo, [S.I.]). Já os **efeitos orgânicos** são as doenças graves. Ex: catarata, câncer, leucemia. Resultam do acúmulo de reações (quando o organismo não foi capaz de se recuperar) dos efeitos biológicos devido à frequência e ou quantidade desses efeitos (Azevedo, [S.I.]).

Os danos da radiação, também podem gerar problemas aos descendentes de um indivíduo que possa ter tido alteração nas células reprodutivas, o espermatozoide ou o óvulo, isso pode levar a efeitos hereditários nos descendentes. Outrossim, a radiação pode afetar profundamente o embrião ou o feto dentro do útero, quando a mãe (FIGURA M), de alguma forma se expõe a radiação, seja pela ingestão de bebidas ou pela exposição a exames de raios X. (UNEP, 2016, p. 18).

⁴ Radicais livres são moléculas independentes liberadas pelo metabolismo do organismo, e que apresentam um ou mais elétrons não emparelhados, mas tende a se ligar rapidamente a outros radicais, podendo reagir e oxidar, prejudicando a células saudáveis (Pôrto, 2001).
<https://periodicos.unifesp.br/index.php/neurociencias/article/download/8922/6455/36770>

Figura M: Exposição interna e externa da mãe a radiação



Fonte: (UNEP, 2016).

É importante saber que todo e qualquer dano que a radiação venha causar tem relação direta com a dosagem e o tempo de exposição, ou seja, quanto maior a dose e o tempo de exposição maior serão os possíveis danos.

Tenha em mente que nem sempre é necessário fazer um exame de raios X, apenas se for indicação médica. Guarde os exames feitos para evitar repetir (o exame que você faz é seu e não do médico, deve ficar com você).

É importante também que todos/as reconheçam o símbolo internacional de radiação⁵ (FIGURA N), e possam se proteger ainda mais em caso de proximidade com um produto ou uma área radioativa.

Figura N: Novo símbolo (ISO 21482 - 2007) para uso em fontes radioativas extremamente perigosas.



Fonte: Domínio público.

⁵ TRIFÓLIO – representa o símbolo internacional indicativo da presença de radiação ionizante, com a que labutam os profissionais das técnicas radiológicas.

Assim, acredita-se ser possível atuar para melhorar as condições de proteção radiológica, existem alguns princípios, entre eles os três básicos segundo Xavier e colaboradores (2006) são: justificação, otimização e limitações.

Justificação: os objetivos da proteção contra as radiações são a prevenção ou a minimização dos seus efeitos somáticos e a redução da deterioração genética dos seres humanos, onde o problema das exposições crônicas adquire importância fundamental. É obrigatório que qualquer atividade envolvendo radiação ou exposição deve ser antes justificada em relação a outras alternativas e produzir um benefício líquido positivo para a sociedade. **Otimização:** o princípio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) exige a otimização da Radioproteção em todas as situações onde possam ser controladas por medidas de proteção, particularmente na seleção, planejamento de equipamentos, operações e sistemas de proteção. Levando-se em consideração fatores sociais e econômicos. **Limitações:** Impõe-se que as doses particulares de Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE) e de indivíduos do público não devem exceder os limites anuais de doses estabelecidas. O limite de dose está relacionado com a região do organismo em exposição e com a posição do indivíduo se é profissional da área ou indivíduo público. (XAVIER; MORO; HEILBRON, 2006; CNEE, 2014.)

PRATICANDO O CONHECIMENTO

ATIVIDADES



CRUZADINHA - INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO IONIZANTE NO ORGANISMO

1. Qual molécula pode sofrer maiores danos com os efeitos da radiação?
R. DNA
2. Na interação da radiação com a matéria pode ocorrer a transferência de?
R. ENERGIA
3. Efeitos que provocam a morte ou causam danos às células?
R. FÍSICO QUÍMICO
4. Efeitos que podem ocorrer em frações de minutos ou se manifestar anos depois.
R. BIOLÓGICOS
5. Efeitos que causam doenças graves como o câncer.
R. ORGÂNICOS
6. Os eventos químicos quebram as ligações entre os átomos formando?
R. RADICAIS LIVRES
7. Os danos da radiação também podem afetar as células de?

R. REPRODUÇÃO

8. Mulheres grávidas não podem fazer exames de?

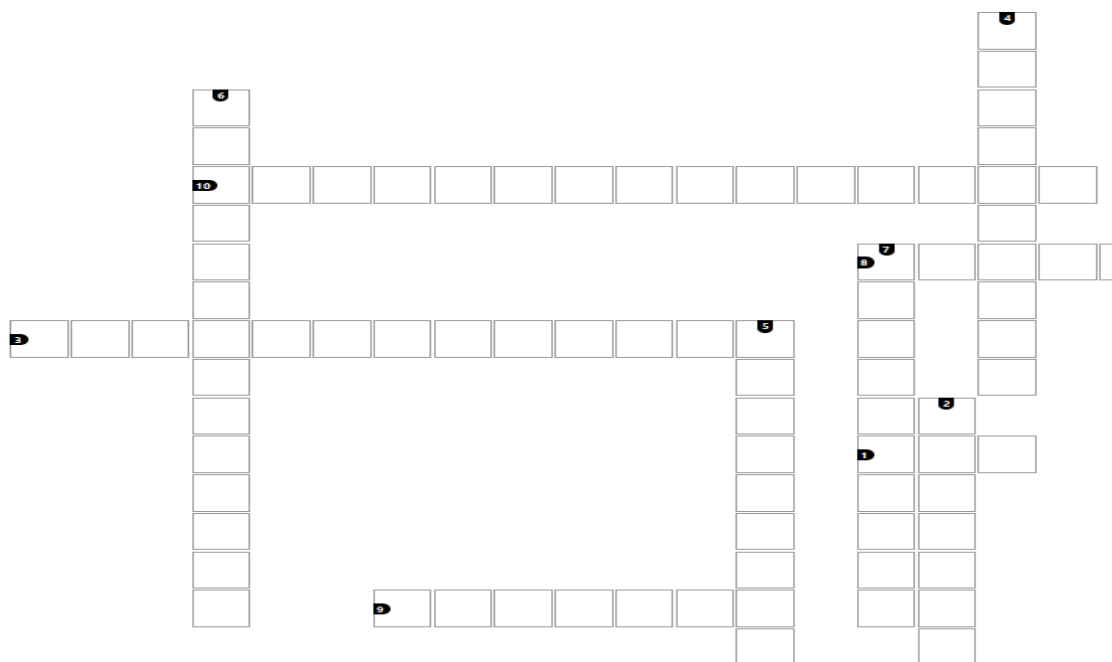
R. RAIOS X

9. Evento provocado pelos efeitos estocásticos nas células?

R. MUTAÇÃO

10. Efeitos que causam a morte direta das células?

R. DETERMINISTICOS



Fonte: (PIRES, 2022).

3.REFERÊNCIAS

AHMED, N.K. Measurement of natural radioactivity in building materials in Qena city, Upper Egypt. *Journal of Environmental Radioactivity*, 83, 91-99, 2005.

ATALÃO, João Paulo da Silva C. **UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR DEPARTAMENTO DE ENG^a ELECTROMECAÂNICA CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EM SISTEMAS BIOLÓGICOS APONTAMENTOS DAS AULAS TEÓRICAS.** [S.I]: Universidade da Beira Interior, 2010. Disponível em: http://webx.ubi.pt/~atalao/Apont_Campos.pdf Acesso em 21 de janeiro de 2021.

AZEVEDO, Ana Cecília Pedrosa de. **Radioproteção em Serviços de Saúde.** [S. I]. FIOCRUZ Escola Nacional de Saúde Pública-CESTEH e Programa de Radioproteção e Dosimetria Coordenação de Fiscalização Sanitária Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/biossegurancahospitalar/dados/material10.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

BUSHONG, Stewart Carlyle. **CIÊNCIA RADIOLÓGICA para tecnólogos: física, biologia e proteção.** 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. Disponível em: <https://marcelogb10.files.wordpress.com/2017/09/cic3aancia-radiolc3b3gica-bushong.pdf> Acesso em: 09 de agosto de 2020.

CARVALHO, Regina Pinto de. **Aplicações da energia nuclear na saúde.** São Paulo: Sbpcc, 2017. Disponível em: <http://portal.sbpccnet.org.br/livro/energianuclearnaude.pdf> - Acesso em: 23/04/2020.

DOROW, Patrícia Fernanda. **PROTEÇÃO RADIOLÓGICA NO DIAGNÓSTICO E TERAPIA.** Florianópolis: Ifsc, 2019. Disponível em: <https://www.ifsc.edu.br/documents/30701/523474/PROTE%C3%87%C3%83O+RADIOLOGICA+ebook+final.pdf/10be750c-0d7c-484f-8baf-c33053f203cd> Acesso em: jan. 2022.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de biologia.** 4.ed. São Paulo: Editora da USP, 2008. 197p.

FERREIRA, Rodrigo. **Efeitos da Radiação no Corpo Humano.** 2021. Disponível em: <https://radioprotecaonapratica.com.br/efeitos-da-radiacao-no-corpo-humano/>. Acesso em: 10 jan. 2022.

HIGGY, R.H., EL-TAHAWY M.S., ABDEL-FATTAH A.T., AL-AKABAWY U.A. Radionuclide content of building materials and associated gamma dose rates in Egyptian dwellings. *Journal of Environmental Radioactivity*. 50, 253-261, 2000.

IAEA – International Atomic Energy Agency, **Bonn Call-for-Action** , Joint Position Statement by the IAEA and WHO , Germany, December 2012, - disponível em: <https://www.iaea.org/resources/rpop/resources/bonn-call-for-action-platform> - acessado em 23/03/2020

LEITE, L.M.O.R; GRADELA, A. **O ensino de ciências e a educação científica como suporte para a formação cidadã no ensino médio.** REVASF, Petrolina-PE, vol. 7, n.14, p.04-14, dez.,

2017 ISSN: 2177-8183. Disponível em: <https://www.periodicos.univasf.edu.br/index.php/revasf/article/download/63/68/239> Acessado em: 01/03/2022.

Moreira, C., (2013) *Fotossíntese*, Rev. Ciência Elem., V1(1):005. DOI <http://doi.org/10.24927/rce2013.005> Acesso em: 10 de ago. de 2021.

MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. Hiroshima e Nagasaki: razões para experimentar a nova arma. SCIENTLE studia. São Paulo, v. 3, n. 4, p. 683-710, 2005.

PILLING, S. Biofísica Bacharelado em Biologia: PARTE A – Capítulo 4 - Luz como uma onda, refração, polarização, difração e interferência. Formação de imagens e instrumentos óticos.

UNIVAP, São José dos Campos-SP, [S. I]. Disponível em: https://www1.univap.br/spilling/BIOF/BIOF_05_Luz%20como%20uma%20onda.pdf Acesso em: jan. 2022.

PLOUSSI, A. *et al.* **Importance of establishing radiation protection culture in Radiology Department.** *World J Radiol* 2016 February 28; 8(2): 142-147. DOI: [10.4329/wjr.v8.i2.142](https://doi.org/10.4329/wjr.v8.i2.142) Disponível em: <https://www.wjgnet.com/1949-8470/full/v8/i2/142.htm> Acessado em: 23/03/2020

SILVA, D.N.G; PEREIRA, M. V. **Radiações ionizantes em livros didáticos do nono ano do ensino fundamental** Radiações ionizantes em livros didáticos do nono ano do ensino fundamental. VI I I ENPEC / I CIEC 1- UNICAMP/Campinas -SP, 2011. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiienpec/resumos/R0029-2.pdf Acesso em 10 de agosto de 2020.

SILVA, Carina Burkert da; SANTOS, Thais Cozza dos; BORBA, Alana Moraes de; GOMES, Bianca Nunes; BRASIL, Carolina Litchina; BARBOZA, Daniele Vitor; SILVA, Andreza Bernardi da; WACHHOLZ, Peter de Lima; CAVALCANTI, Guilherme Albuquerque de Oliveira. Conhecimento sobre radiação ionizante diagnóstica em uma população do sul do Brasil. *Pubvet*, [S.L.], v. 13, n. 9, p. 1-7, set. 2019. Editora MV Valero. <http://dx.doi.org/10.31533/pubvet.v13n9a409.1-7> Acesso em: 01 mar. 2022.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). Radiação: efeitos e fontes,

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. [S.I.]: Versão Eletrônica, 2016. Tradução:

Instituto de Radioproteção e Dosimetria da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Brasil). Disponível em: <http://www.aben.com.br/Arquivos/544/544.pdf>

Yoshimura, E. M. (2015). Física das Radiações: interação da radiação com a matéria. *Revista Brasileira De Física Médica*, 3(1), 57–67. <https://doi.org/10.29384/rbfm.2009.v3.n1.p57-67>

Young, K. S, & Abreu, C. N. (2011). *Dependência de internet: manual e guia de avaliação e tratamento.* Porto Alegre: Artmed. Disponível em: <https://www.dependenciadeinternet.com.br/nabucocap08.pdf> Acesso em: jan. 2022.

CAPÍTULO III - CONHECENDO A HISTÓRIA DA RADIAÇÃO

3.1. INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas a história da ciência tem deixado de ser apenas a história das ideias científicas, considera-se os procedimentos, os resultados, as instituições, as políticas e outras dimensões do fazer científico. Estes e outros recursos revelam o quanto é importante conhecer a história por traz de uma pesquisa, o que demonstram que a ciência é fruto de um microcosmo social (GURGEL, 2017).

A inserção da história da ciência no ensino é entendida como um estudo do passado que paralelamente contribui para compreensão da evolução da humanidade e suas descobertas ao longo do tempo (AMADOR, 2011). Já a introdução do contexto histórico no ensino de ciências, tende a contribuir para uma melhor reflexão e construção do conhecimento crítico e científico. Ao inserir a história da ciência nas práticas pedagógicas, o conteúdo tende a ser contextualizado e reflexivo, o que permite mais participação nas discussões e melhor arguição entre professor/a e os alunos/as. (AMADOR, 2011).

Neste sentido, estudar a história das radiações é compreender etapas de uma descoberta científica que é considerada um grande avanço para a humanidade. É também, compreender que ciências se faz com curiosidade, erros e acertos realizados por pessoas que dedicaram parte de suas vidas em prol do conhecimento científico.

Assim, conhecer esta parte da história da ciência possibilita contextualizar o fato, o processo e os cientistas envolvidos nas descobertas desse evento. Possibilita ainda, entender as etapas e retrocessos que aconteceram até chegar ao resultado final. Contribui ao entendimento de que a ciência é feita por pessoas, humanos passíveis de erros e contratempos, não é algo que simplesmente acontece, mas que faz parte de um processo de pesquisa e experimentação.

Pessoas como: o físico Wilhelm Conrad Röntgen (1845 - 1923), que durante seus estudos de condutividade de gases por meio do tubo de Crookes, descobre os raios X; o cientista Antoine H. Becquerel (1852- 1908), que adicionou o elemento urânio em seus experimentos, concluindo que a radiação penetrante era originária do próprio elemento, sem relação com o fenômeno da fluorescência. Os estudos de Becquerel orientaram a descoberta da Radioatividade; o Casal Curie (Pierre Curie e Marie Curie), juntos tinham o objetivo (em especial da cientista Marie Curie) de encontrar outros elementos químicos com as mesmas propriedades do urânio, ou seja, elementos radioativos. Em 1898, o Casal Curie conseguiu descobrir que o elemento tório emitia radiações

iguais ao urânio, por meio de uma câmara de ionização; e os pesquisadores Ernest Rutherford e Paul Villard que identificaram e explicaram essas radiações.

Por meio da história das radiações é possível compreender também, o quanto era difícil para as mulheres que como Marie Curie se dedicaram a fazer ciência, em um universo predominantemente masculino e machista. Marie, além de descobrir a radiação e dá nome a radioatividade, descobriu os elementos químicos polônio e o rádio. E bravamente lutou pelo seu reconhecimento no universo acadêmico e científico.

Logo, qualquer pessoa pode não só compreender melhor a ciência e o conhecimento que ela produz, mas também se sentir capaz de ser autor de novos conhecimentos (BOAVENTURA; MEDEIROS, 2015).

Diante do contexto, o objetivo desse capítulo é elaborar um material paradidático que possibilite professores/as e alunos/as conhecer a história da descoberta da radiação, os principais cientistas desta história, a importância da mulher na ciência conhecendo o legado deixado por Marie Curie.

Ficha Didática: Conhecendo a história da radiação

Tema	Percorrendo a história e alguns dos principais personagens da descoberta dos Raios X e da radioatividade.
Sinopse e Objetivo	Este material paradidático explora atividades didáticas a serem realizadas com o objetivo de conhecer a história da descoberta da radiação fazendo uma linha do tempo que aborde os principais cientistas, suas principais contribuições para essa descoberta e a importância da mulher na ciência conhecendo o legado deixado por Marie Curie.
Habilidade da BNCC	Obs. Não consta na BNCC. Sugestão de habilidades: Conhecer a história da descoberta da radiação, os principais cientistas desta história e a importância da mulher na ciência.
Objetos de Conhecimento	Factuais: Identificação da contribuição dos principais cientistas para a descoberta da Radiação. Conhecer o trabalho de Marie Curie, a cientista que inspira o despertar das mulheres na Ciência. Procedimentais: Construção da Linha do tempo. Uso de recursos gráficos, mapa conceitual, para organização e representação das contribuições dos cientistas. Atitudinais: Valorização da história da descoberta da Radiação. Reconhecimento e valorização da Ciência e dos cientistas. Cooperação na realização de atividades.
Expectativas de aprendizagem	Conhecer os principais cientistas e suas contribuições para a descoberta da radiação. Compreender que lugar de mulher é onde ela quiser, inclusive na ciência.

APRESENTADO



Capítulo III – Conhecendo a história da radiação

3.2 – A descoberta dos raios X por Rontgen.

3.3 – A contribuição de Henri Becquerel na descoberta da radioatividade.

3.4 – O casal Curie e a descoberta da radioatividade por Marie Curie.

3.5. Marie Curie e o machismo na ciência.



SINOPSE

- A História da ciência está diretamente relacionada com a história da humanidade e com suas decisões políticas e sociais, ultrapassando os limites das instituições de pesquisas. Entretanto, acredita-se que, para compreender melhor o conceito de radiação, é imprescindível conhecer, pelo menos, um pouco de sua História, conhecendo também, quem são os principais cientistas que se dedicaram ao feito de descobrir a radiação. É importante ainda, conhecer o trabalho de Marie Curie e seu legado deixado para humanidade, bem como, para as mulheres que se dedicaram e dedicam a fazer ciência, mesmo tendo que enfrentar o machismo da sociedade.

OBJETIVO



- Conhecer a história da descoberta da radiação fazendo uma linha do tempo que aborde os principais cientistas, suas principais contribuições para essa descoberta e a importância da mulher na ciência conhecendo o legado deixado por Marie Curie.



- Conhecer a história da descoberta da radiação, os principais cientistas desta história e a importância da mulher na ciência.



CONHECENDO A HISTÓRIA DA RADIAÇÃO

DESPERTANDO CONHECIMENTOS PRÉVIOS

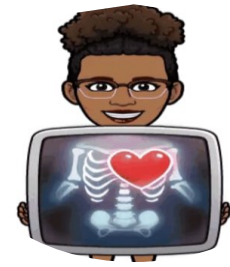


No material paradidático do capítulo anterior, apresentamos o que é radiação, quais seus tipos, apresentamos ainda, onde podemos encontrar as radiações.

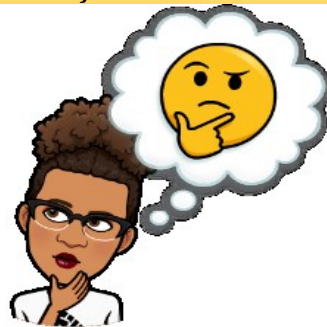


Se você já quebrou alguma parte do seu corpo ou conhece alguém que já teve alguma quebraçura, certamente já se submeteu a um exame de raio X para que um médico pudesse enxergar o interior do seu corpo sem ter que cortá-lo. Os exames de raios X são fundamentais nos dias atuais, mas nem sempre foi assim. Antes da descoberta dos raios X, para tratar um osso humano quebrado era necessário abrir o local. Mas no fim do século XIX, os raios X foram uma das principais descobertas da Ciência e revolucionou a medicina por promover técnicas de diagnósticos por meio de imagem. Foram os raios X, o primeiro tipo de radiação a ser

descoberta, mesmo antes que o significado da palavra Radiação fosse compreendido. Até mesmo a definição de Radioatividade e as bombas atômicas, chegaram depois dos raios X.



ENTÃO... A RADIAÇÃO TEM UMA HISTÓRIA?



A resposta para a pergunta acima, é Sim, como todo feito ou descoberta realizados pelos seres humanos, os raios X tem sua história e registra um dos capítulos muito importante na História da Ciência.

Contar história, é uma das práticas humanas que se registra desde a era dos homens das cavernas quando estes, desenhavam gravuras nas paredes para registrar sua forma de vida e seus costumes. O ato de contar história é algo que fascina e encanta aos contadores e ouvintes, estes últimos, mesmo sem conhecer, viajam pela história em um mundo de imaginação que proporciona um universo de conhecimentos e possibilita novas interpretações para quem já conhecia ou fez parte do contexto da narrativa histórica.

A história dos Raios X ou da Radiação é uma parte da história da humanidade moderna bem como, da História das Ciências que todos devem conhecer. Isto porque, existiu e existem cientistas que dedicam parte de sua vida em estudos que inicialmente parecem não ter relevância alguma, mas que por insistência (em uma época em que não se tinha tecnologias avançadas), fizeram descobertas que mudaram e modernizaram as atividades humanas. Como é o caso dos Raios X, que revolucionaram a medicina e hoje a radiação é algo indispensável a vida moderna globalizada.

Sem radiação não existiria a rede de comunicação que conecta todo o Planeta em tempo real. Sem radiação, ainda seria necessário cortar o corpo de uma pessoa para ver a dimensão de um osso quebrado, por exemplo e certamente morreria muito mais pessoas de câncer.

Figura A: Imagens ilustrativas de uso da radiação



Fonte: Domínio público.

Como já vimos as radiações ionizantes ou não ionizantes estão por toda parte, seja nos alimentos, nos aparelhos eletrônicos, na natureza, nos exames radiológicos ou em um tratamento de câncer. Logo, conhecer como tudo começou e quem estudou inicialmente os Raios X e a Radiação, fará você conhecer como se deu essa magnífica e encantada parte da história científica moderna.

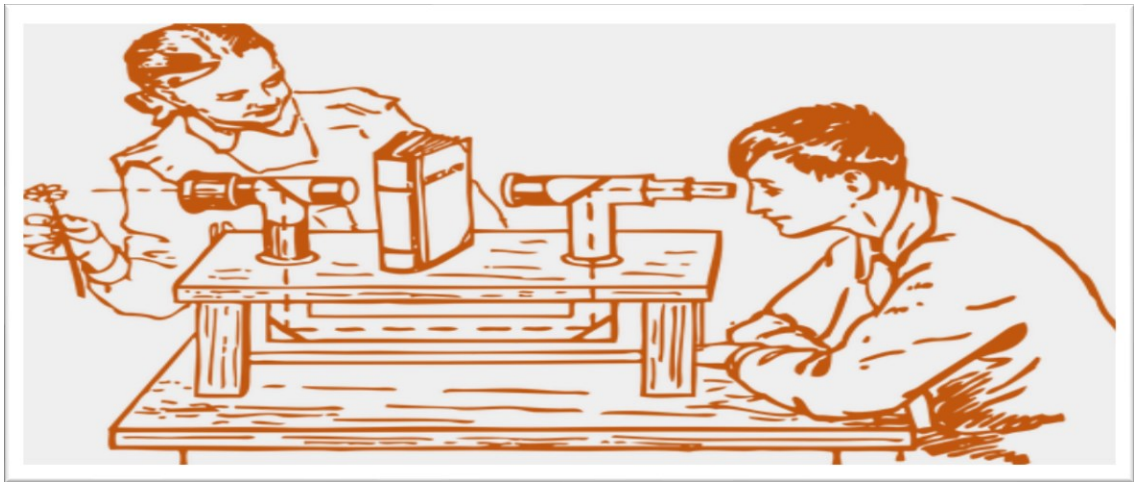


DESENVOLVENDO O TEMA



3.2. A DESCOBERTA DOS RAIOS X POR RÖNTGEN

Figura B: Ilustração representativa dos primeiros testes com os Raios X.



Fonte: Domínio público.

Ainda nos dias de hoje, na Alemanha, os raios X costumam ser chamados de “raios de Röntgen”, em homenagem a Wilhelm Röntgen (1845-1923). Ele não foi o primeiro a perceber a capacidade dos raios X, no entanto foi o primeiro a entender o que via. É isso que fascina na ciência: não basta simplesmente olhar, é necessário entender e compreender o que se está vendo. A percepção de um pequeno detalhe pode fazer toda diferença em uma descoberta ou estudo científico.

Na década de 1890, Röntgen, juntamente com outros cientistas, estava trabalhando com o tubo de raios de cátodos, estes tubos são de vidro, contém nas duas pontas extremidades metálicas (chamadas de eletrodos) ligadas a uma bateria, assim, quando ligados emitem descargas elétricas. Foi em 8 de novembro de 1895, que Röntgen percebeu que uma **tela de bário**, a certa distância do tubo de raios de cátodos, emitiu um raio fluorescente. Eis que um papel preto foi colocado para cobrir a tela e ainda assim, o raio fluorescente continuava a brilhar. Ele passou as próximas sete semanas tentando entender o que estava vendo, testou o experimento várias vezes, substituiu a tela de bário por uma chapa fotográfica, distanciou a chapa dos tubos, cobriu com objetos diferentes e cada novo objeto que colocava entre a chapa e os tubos e então percebeu que surgia “Raios”, a maioria dos objetos não alteravam o brilho desses “Novos Raios”, com exceção do chumbo e da platina, ambos inibiam por completo a luminosidade. Outros cientistas já tinham observado o mesmo fenômeno, mas não tiveram a mesma sensibilidade a respeito. Röntgen viu os ossos de sua mão quando substituíam os objetos usados entre a tela e os tubos cátodos. Ele observou que igualmente a luz, os Raios X reproduzia chapas, se propagava-se em linha reta, mas não **refletia** e nem **refratava** como a luz, e ainda, atravessava corpos que a luz não atravessa. Então nomeou os novos raios de Raios X, para diferenciar de outros raios (WATSON, 1945).

O primeiro raio X tirado do corpo humano foi de Anna, esposa de Röntgen. Ele fixou a mão de sua esposa no trajeto entre os raios e a chapa fotográfica, percebeu a imagem nítida dos ossos da mão e de seu anel. Surge assim, a primeira imagem de raios X da história.

Em 28 de dezembro de 1895 Röntgen apresenta seus estudos à Sociedade Médica Alemã, amigos e a toda Europa. Em janeiro de 1896 o mundo conhece os Raios X, a medicina é revolucionada com essa descoberta, isso porque neste mesmo ano os médicos europeus iniciaram o uso dos Raios X para diagnósticos de exames de imagem. Poucas descobertas científicas foram adotadas de forma tão imediata pela sociedade mundial como foram os raios de Röntgen.

Vale ressaltar que Röntgen não patenteou sua descoberta, no entanto, ficou conhecido como o pai da radiologia médica e seu trabalho lhe garantiu o Prêmio Nobel de Física no ano de 1901.

Curiosidades:

Logo após a descoberta dos raios X, seu nome se tornara a principal fonte de marketing. Era grande a lista de produtos, inclusive doces e bebidas com o nome “Raios X” como mostra a Figura C abaixo:

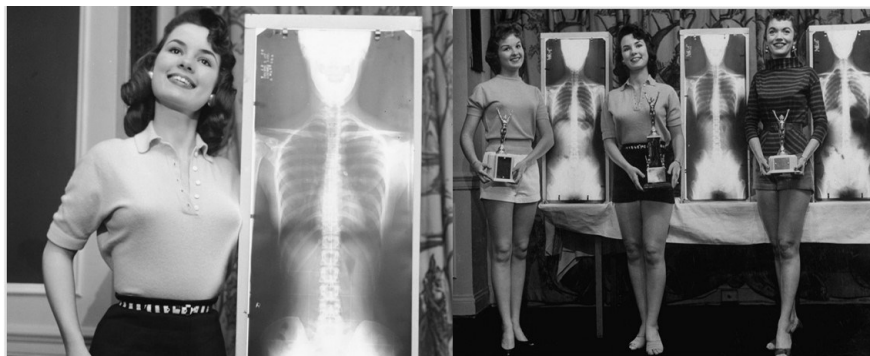
Figura C: Diversos produtos empregavam o nome raio-X para marketing.



Fonte: (GERSON, 2004).

A repercussão dos raios X foi colossal, todas/os tinham grande anseio em visualizar seus efeitos, e as denominadas “famosas fotografias”. Na época, surgiu um concurso (World Posture Queen) de beleza interior, onde mulheres eram expostas a radiação X para “fotografar” (FIGURA D) a sua parte interior para concorrerem ao título de *Miss Correct Posture*, em tradução significa, Rainha Mundial da Postura.

Figura D: Imagens do concurso *Miss Correct Posture*.



Fonte: (NPR, 2012)

Acredite ou não, esse concurso durou 14 anos, sua última edição foi em 1969, (NPR, 2012).



3.3.CONTRIBUIÇÃO DE BECQUEREL NA DESCOBERTA DA RADIOATIVIDADE

O descobrimento dos Raios X por Röntgen, levou a uma corrida de inúmeras pesquisas relacionadas ao tema, uma dessas, foi realizada por um pesquisador chamado Henri Becquerel. No laboratório que seu pai mantinha, Becquerel realizou seus estudos e desenvolveu suas primeiras pesquisas, grande parte delas foi sobre óptica, nos anos decorridos de 1882 a 1887, se dedicou em estudar a fosforescência e o urânio. Aproveitando em seus estudos, o material de pesquisa do pai (que também era estudioso do assunto), e guardava em seus materiais alguns sais minerais, dentre eles o de urânio (BECQUEREL, 1896).

Becquerel pensava que os raios de urânio, por ele estudado, era idêntico à luz, uma vez que estes **refratavam e refletiam**, o que para ele diferenciava dos raios descobertos por Röntgen, os raios X. Hoje se sabe que os raios do urânio ou a radiação em si, de fato, não sofrem reflexão bem como, não se refratam. Após testar urânio metálico, Becquerel conclui ter encontrado o primeiro episódio onde um metal exibe uma fosforescência oculta (BECQUEREL, 1896). Fato é que, Becquerel não conseguiu perceber que estava diante de uma matéria radioativa, como também não buscou estudar outros elementos químicos que tivesse características parecidas.

Poucos cientistas tiveram interesse no estudo dos “raios de Becquerel” ou “raios do urânio” até início de 1898. Provavelmente, um dos fatores teria sido a dificuldade de se obter os próprios compostos luminescentes do urânio (ou urânio metálico). Também, Becquerel parecia ter esgotado o assunto. No entanto, sua pesquisa servira de base para Marie Curie, em sua tese de doutorado. Desta magnífica cientista falaremos no texto a seguir.



3.4. O CASAL CURIE E A DESCOBERTA DA RADIOATIVIDADE POR MARIE CURIE

Figura E: Fotografia de Marie Curie

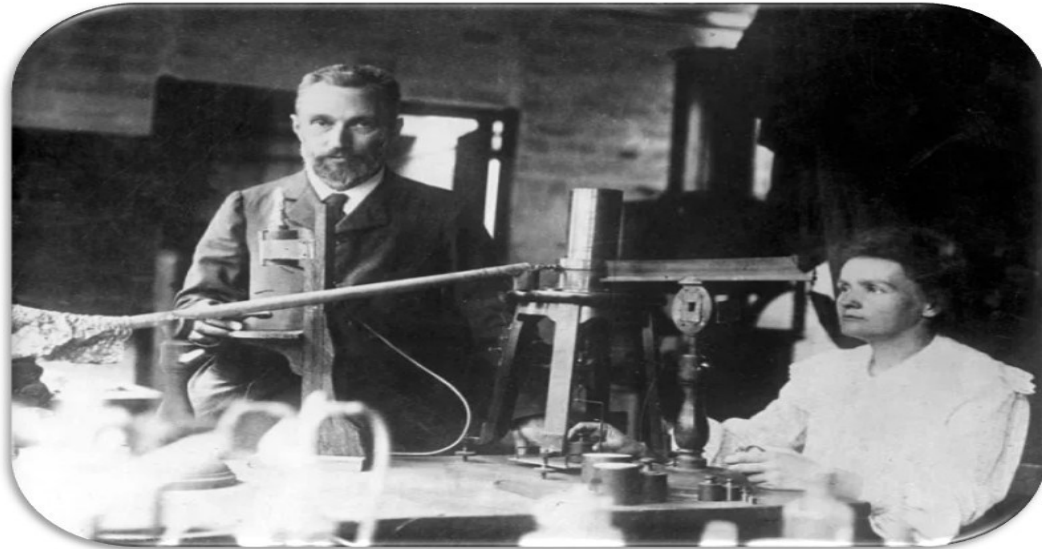


Fonte: Domínio público

Foi a partir da descoberta de Becquerel que Marie resolve escrever sua tese de doutorado, medir esses raios e verificar se, além do urânio, havia outros elementos capazes de produzir “raios de Becquerel”.

Nascida em Varsóvia, na Polônia, em 1867, Maria era a filha mais nova da família Sklodowska. Aos 11 anos, sofreu duas perdas consideráveis: a morte de sua mãe, vítima da tuberculose, e de sua irmã mais velha, que morreu de tifo. Seu pai a motivou a ter interesse pela ciência, o que fez com que tivesse gosto pelos estudos e aos 15 se tornasse professora. Mudou-se para Paris e deu continuidade aos estudos, se tornando bacharel em Física e Matemática pela Universidade de Sourbonne no ano de 1883. Depois de graduada, foi a primeira classificada para o mestrado em Física e, no ano seguinte, a segunda para o mestrado em Matemática (EDITORS, 2014;2021). Em 1894, Maria conheceu o professor de Física Pierre Curie (FIRUGA F), com quem casou-se, passando, então, a ser chamada de Marie Curie.

Figura F: Casal Curie em seu laboratório.



Pierre e Marie Curie, em seu laboratório.

Photo: PhotoQuest/Getty Images- Disponível em Biography.com.

Marie estudou diversos minerais e várias substâncias moleculares puras. Compreendeu, como se previa, que o urânio e o **tório** eram minerais radioativos. Com o descobrimento do tório volta ter atenção em estudar os raios, antes estudados por Becquerel. Naquele momento, percebe-se que os raios de Becquerel não eram qualquer evento independente, que só acontecia com o elemento químico urânio. Foi Curie que batizou o fenômeno de Radioatividade, após entender o evento em 1897:

Os raios urânicos foram frequentemente chamados raios de Becquerel. Pode-se generalizar esse nome, aplicando-o não apenas aos raios urânicos, mas também aos raios tóricos e a todas as radiações semelhantes. “Chamarei de radioativas as substâncias que emitem raios de Becquerel. O nome de hiperfosforescência, que foi proposto para o fenômeno, parece-me dar uma falsa ideia de sua natureza”. (CURIE, 1899, p. 42-Tradução MARTINS, 1990).

Em um período que os laboratórios de pesquisas e o universo científico, eram comandados por homens, Marie Curie, revolucionou a ciência e a sua própria história se tornando a primeira mulher não só da Europa, mas do mundo, a ganhar um Prêmio Nobel. O prêmio Nobel de Física, foi dado ao casal Curie e a Becquerel em 1903 (FIGURA G). As pesquisas realizadas por Curie resultaram também, na descoberta de dois novos elementos químicos: o **polônio**, que ganhou este nome em homenagem ao país natal dela, e o **rádio**.

Figura G: Becquerel, Marie e Pierre Curie.



Henri Becquerel

Foto: Biography.com



Marie Curie



Pierre Curie

A maior contribuição de Marie Curie para a ciência foi ter entendido o fenômeno da radioatividade e ter descoberto dois elementos químicos, o polônio e o rádio (VERÍSSIMO, 1988; 2018). Após a morte de seu esposo, em 1906, Marie continuou a estudar a radioatividade, dando ênfase às aplicações terapêuticas. Em 1911, recebeu outro prêmio, desta vez o Nobel de Química – por suas pesquisas com o rádio, tornando-se a primeira pessoa, até então, a ganhar duas vezes o Prêmio Nobel. Numa atitude humanitária, ela acabou não solicitando a patente do processo de isolamento do rádio, consentindo, portanto, que qualquer membro da comunidade científica pudesse continuar a pesquisar as propriedades desse elemento químico. Mas seus legados não terminam aí: Marie mostrando seu potencial de conhecimento científico, atua para salvar vidas de soldados franceses na Primeira Guerra Mundial.

Em 1914, a Primeira Guerra Mundial movimentou os conhecimentos e reafirma a capacidade de Marie. Ela cria uma rede de máquinas móveis de raios X que foram usadas para diagnosticar ferimentos e ajudar no atendimento de soldados franceses feridos na guerra, aumentando a chance de serem salvos (VERÍSSIMO, 1988; 2018).

Marie Curie foi a fundadora do Instituto do Rádio, em Paris, onde se formaram cientistas de importância reconhecida. Tornou-se a **primeira professora mulher** na Universidade de Sorbonne, em Paris. Em 1922, Curie se tornou membro sócia da Academia de Medicina. Veio a falecer em julho de 1934, a causa de sua morte foi uma leucemia, provocada pela longa exposição aos elementos radioativos com os quais se dedicou em todas as suas pesquisas.

Outro legado de Curie foi sua filha Irène Joliot-Curie que, influenciada pela mãe, trabalhou e pesquisou com o marido, Frédéric Joliot, na área da estrutura do átomo e física nuclear, em seus experimentos apontaram a existência de partículas como o pósitron e o nêutron e radiatividade artificial. Por ter seguido os passos da mãe, seus trabalhos lhe renderam merecidamente o Prêmio Nobel de Química em 1935, no ano seguinte ao falecimento de sua mãe.

A história remanescente das radiações é extensa e enriquecedora. Cita-se ainda, o físico Ernest Rutherford que também contribuiu com suas pesquisas para o estudo das radiações. Seus estudos possibilitaram a descoberta da natureza das emissões radioativas e os tipos de radiações emitidas (raios alfa, raios beta e gama). Feitos que lhes garantiu o Prêmio Nobel de química em 1908. Difícil apresentar todos os eventos aqui, conhecer a história da radiação é conhecer parte da história da humanidade e compreender que uma não está dissociada da outra.

Curiosidade

Com a descoberta do rádio, as pessoas o consideravam uma substância milagrosa com poderes de ser o principal responsável fecundação, de rejuvenescer e de revitalizar a pele. Usava-se rádio para tratamentos do rosto, para a eliminação de rugas, acnes, cravos, branqueamento da pele sendo adicionado a diversos produtos, como cremes de beleza, xampus, sabões, sais de banho, tônicos revigorantes (propunham recuperar e manter os vigores mental, físico e sexual).

Vários artigos médico-farmacêuticos que prescreviam o rádio contra nada menos do que 150 patologias, alguma dela eram endocrinológicas, era prescrito como pílulas para revitalizar a saúde sexual, seu uso se estendia ainda em navalhas para barbear, dentifrícios, compressas, “fontes” de água radioativa, etc, (FOGAÇA [S.I.]).

O equívoco da aplicação do rádio resultou em muitas pessoas doentes ou com perdas de partes do corpo e até à morte. A Figura H abaixo, mostra imagens de produtos da época que eram vendidos tendo o rádio em sua composição.

Figura H: Diversos anúncios de produtos à base de rádio.



Fonte: <https://brasilescola.uol.com.br/>



3.5. MARIE CURIE E O MACHISMO NA CIÊNCIA

Predominantemente masculina, a área da ciência e os laboratórios de pesquisas eram um ambiente desfavorável e provocador para Marie Curie. Quando foi premiada com Pierre e Becquerel, ao Nobel de Física, nos bastidores da Acadêmica os homens resistiram à sua presença na entrega do prêmio, Pierre foi sozinho receber o prêmio. Marie, foi completamente menosprezada pelo comitê de indicação do Prêmio Nobel.

Em 1903, membros da Academia Francesa de Ciências escreveram uma carta à Academia Sueca na qual nomeavam as descobertas coletivas no campo da radioatividade feitas por Marie e Pierre Curie, bem como seu contemporâneo Henri Becquerel, para o Prêmio Nobel de Física. No entanto, em um sinal dos tempos e de suas atitudes machistas predominantes, nenhum reconhecimento das contribuições de Curie foi oferecido, nem houve qualquer menção ao seu nome. Felizmente, um membro simpático do comitê de nomeação, um professor de matemática da Stockholm University College chamado Gösta Mittag-Leffler, escreveu uma carta a Pierre alertando-o sobre a omissão gritante. Pierre, por sua vez, escreveu ao comitê insistindo que ele e Curie fossem “considerados juntos. no que diz respeito à nossa pesquisa sobre corpos radioativos” (MCHUGH, 2015; 2020).

Marie, precisou lutar contra o machismo escancarado e institucionalizado pela sociedade patriarcal e sexista. Até mesmo na Polônia, Marie sofreu com o machismo na ciência, ela quis levar seus conhecimentos ao seu país de origem, mas não foi aceita pela universidade, simplesmente por ser mulher.

Atualmente, seu reconhecimento por todo o mundo não é unicamente por suas descobertas científicas na área da química e da física que lhe tornou vencedora de dois Prêmio Nobel, mas também por ter estado a frente de seu tempo e quebrado corajosamente muitas barreiras de gênero durante sua trajetória de vida (MCHUGH, 2015; 2020).

Curie foi a primeira mulher com doutorado de uma universidade francesa, a primeira mulher contratada como professora na Universidade de Paris. Ela não é apenas a primeira mulher a ganhar o Prêmio Nobel, mas também a única cientista (homem ou mulher) no mundo, a ganhar o Nobel duas vezes por estudos em dois campos científicos diferentes (MCHUGH, 2015; 2020).

Em 1911, em Bruxelas na ilustre Conferência Solvay, Albert Einstein e Curie se conheceram, o evento era exclusivo para convidados do seleto grupo dos principais cientistas do mundo na área da física, e Marie foi a única mulher presente dentre os 24 participantes.

Em 1927, como mostra a foto abaixo, Marie foi a única mulher a participar do Congresso Solvay, o evento reuniu os maiores gênios do mundo da física e da química, para debater avanços e discutir questões que precisavam de uma solução nos dois campos. Sendo a 5ª Conferência de

Solvay (FIGURA I), com o tema "**Elétrons e Fótons**", estavam presentes dentre outros, Albert Einstein, Max Planck e Niels Bohr. Marie Curie era a única mulher na conferência, em meio a dezenas de homens que expressivamente dominavam o campo de pesquisas científicas.

Figura I: 5ª Conferência de Solvay. - Marie Curie (indicada pela seta) única mulher da Conferência de Solvay, envolta a dezenas de homens cientistas da época



Fonte: Domínio público.

Muitas vezes, Marie se abalou com o machismo que enfrentava em seu trabalho, lhe aborrecia o fato de ser impedida de trabalhar e contribuir com a melhoria da sociedade, por meio do avanço da ciência, por motivos sexistas.

Em resposta ao preconceito que sofria, o discurso de Marie na cerimônia de entrega do Prêmio Nobel de 1911, foi dirigido àqueles que a menosprezavam, dizendo que todo seu mérito vinha de seu esposo Pierre. Poucos eram como um jornalista do jornal *Nouvelles Illustrées* que conseguiram enxergar a parceria existente entre o casal Curie e a paixão que ambos nutriam pela ciência, em dezessete de dezembro de 1903 o jornalista escreveu:

Seria um erro acreditar que é por causa de um sentimento de gentileza conjugal que Monsieur Curie quis associar sua mulher à honra de sua descoberta. Nesse lar de cientistas casados... a mulher não é uma auxiliar, mas, com toda a força da palavra, uma colaboradora e, na verdade, frequentemente, a inspiradora de seu marido. (Quinn, 1997, p. 212).

Marie fez questão de expressar o pronome pessoal “eu”, ela quis mostrar que tinha sido passiva até então, mas estava insatisfeita e disposta a provar que era forte, competente e que mesmo tendo publicado sempre junto com Pierre, sua participação nas pesquisas científicas havia sido de grande importância e todos deveriam saber disto (DEROSSI; FREITAS-REIS, 2019). Assim, ela discursou:

“Antes de abordar o assunto da palestra, gostaria de lembrar que a descoberta do rádio e do polônio foram feitas por Pierre Curie em comum comigo. Devemos também a Pierre Curie, no domínio da radioatividade, alguns estudos fundamentais que realizou sozinho ou em comum comigo ou em colaboração com os seus alunos. O trabalho químico que teve como objetivo o isolamento do rádio no estado de sal puro e sua caracterização como elemento novo foi feito especialmente por mim, mas está intimamente ligado ao trabalho em comum. Acredito, portanto, que interpretarei exatamente o pensamento da Academia

ao admitir que a alta distinção que me é conferida é motivada por esse trabalho em comum e constitui, assim, uma homenagem à memória de Pierre Curie.” (CURIE, 1911).

Hoje, Marie Curie é reconhecida internacionalmente por suas pesquisas, mas pouco se fala sobre o seu perfil como mulher, assim como pouco se aborda sobre outras mulheres premiadas ou não, que estiveram ou estão envolvidas com as ciências, tais como: Irene Joliot Curie (1897-1956), filha mais velha do casal Curie que junto com seu esposo Joliot, ganhou Prêmio Nobel de química em 1935 por ter descoberto a radioatividade artificial; Maria Göppert-Mayer (1906-1972), que sugeriu um novo modelo do envoltório do núcleo atômico; Ida Noddack (1896-1978), a primeira cientista que apresentou a ideia de fissão nuclear; Rosalind Franklin (1920-1958), que trabalhava com imagens da difração de raios X do ácido desoxirribonucleico (DNA), dona da foto 51 que lhe foi roubada por dois homens que mais tarde vieram a ganhar o Nobel de Medicina e Fisiologia em 1962, por descobrir a estrutura da molécula de DNA; Ada Yonath (1939 -), estudou a estrutura atômica dos ribossomos; Jaqueline Góes de Jesus (1989 -) conseguiu sequenciar o genoma do vírus Sars-CoV-2 cerca de 48 horas depois da confirmação do primeiro caso de Covid-19 no Brasil, normalmente, esse processo dura em média 15 dias, dentre outras.



Quer aprender mais sobre o assunto? Então sugerimos que assista os vídeos indicados no link abaixo:

<https://www.youtube.com/watch?v=V6xAI8635go>

<https://www.youtube.com/watch?v=WWvIQJg4SCM>

4.CONCLUSÃO

Trabalhar o conteúdo das radiações de forma clara e objetiva no ensino fundamental II, é de suma importância para garantir que a Cultura de Proteção Radiológica de fato ocorra. O processo de ensino, precisa dar sentido ao aprendizado para que o interesse dos/as estudantes seja permanente e dialogue com aquilo que aprendido como conhecimento científico com a vivência cotidiana.

Mesmo com algumas lacunas, a BNCC assegura que o conteúdo deve ser trabalhar no nono ano do ensino fundamental II, é um avanço, se comparado aos PCNs que não via este conteúdo como tema central e importante para essa etapa de ensino da educação básica.

A existência de algumas lacunas no principal documento que norteia a educação básica no país, contribuíram para que fosse elaborado o Material Paradidático, que objetiva ser mais um suporte para professoras/es que trabalhe a disciplina de Ciências.

O Material Paradidático foi pensado e elaborado para abordar o tema das radiações considerando o processo de escrita em uma linguagem com características científicas, porém, com vocabulários acessíveis para a faixa etária de alunas/os do ensino fundamental II. Tornando possível que estes compreendam que radiação é um fenômeno natural, vinculado com a formação do universo e com a manutenção da vida Terra. O material, também possibilita conhecer um pouco da história da descoberta da radiação e quanto importe foi o trabalho de Marie Curie, na ciência e na representatividade para mulheres contemporâneas.

Assim, fica claro o entendimento de que Radiação não é apenas bombas atômicas e tragédias radioativas. Ela garante, por exemplo, que diagnósticos e tratamentos médicos contra o câncer, sejam realizados, e podem salvar vidas humanas em qualquer lugar do mundo, desde que usada respeitando os critérios e normas de radioproteção estabelecidos pela AIEA.

É importante que professoras/es trabalhem com suas alunas/os para desenvolver uma visão crítica acerca, do entendimento do que é radiação, suas fontes, seus benefícios e riscos. Principalmente por que os Raios X, são as fontes de radiação ionizantes que de acordo com Bushong (2010), tem sido a principal fonte de exposição humana nas últimas décadas. Fator de grande preocupação para especialistas da área da radiologia, uma vez que a exposição sem controle pode ocasionar danos irreversíveis e até morte.

Neste sentido, a educação tem importância fundamental para garantir que as alunas/os aprendam nas aulas de Ciências no EF II, que todas/os devem ter conhecimento sobre radiação, e devem atuar para disseminar informações seguras, na busca criar uma rede de disseminadores de Cultura de Proteção radiológica, e pouco a pouco serem agentes ativos na transformação da realidade do meio em que estão inseridos e também do planeta.

PRATICANDO O CONHECIMENTO



ATIVIDADES

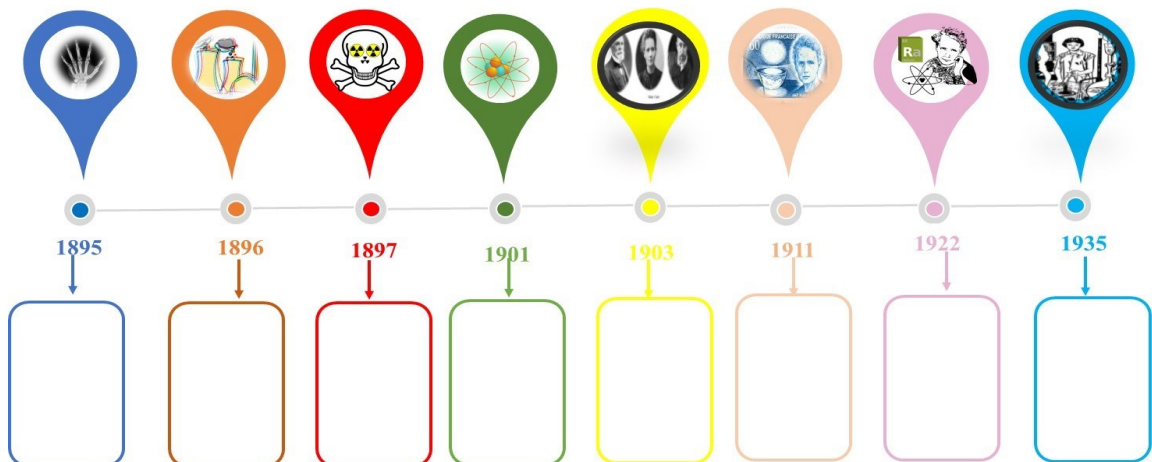
- Em que ano os três cientistas Pierre Curie, Marie Curie e Becquerel descobriram a radioatividade?
- Em que ano e qual a doença provocou a morte de Marie Curie?
- Refere-se às partículas emitidas dos núcleos de átomos instáveis.
 - Cosmos
 - Luz
 - Radioatividade
 - Nobel
- Coloque V para Verdadeiro ou F para Falso:
 - Foi no ano de 1897 que o casal Curie e Becquerel ganharam o Prêmio Nobel de Física.

 Verdadeiro Falso
 - Marie Curie é a cientista polonesa que, junto com Pierre Curie e Antoine Becquerel, descobriu a radioatividade.

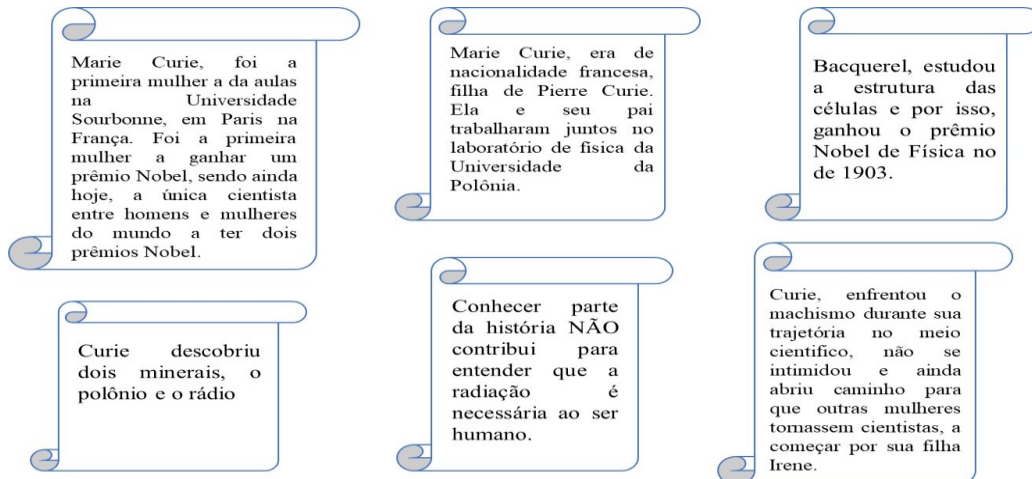
 Verdadeiro Falso
- Coloque as cartas abaixo, no ano correspondente em que ocorreu cada evento descrito na linha do tempo da história da radiação:

Irene, filha de Marie, ganha o prêmio Nobel de Química.	Marie Curie, entende e nomeia o fenômeno da Radioatividade.	Becquerel, vê a fosforescência no urânio mas, não entende que é o fenômeno da radiação.	Rontgen, ganha o prêmio Nobel de Física pela descoberta dos Raios X.	Marie, ganha o 2º prêmio Nobel, e torna-se a única pessoa no mundo a ter dois Nobel.	Rontgen descobre os Raios X.	Casal Curie e Becquerel, ganham o Nobel de Física pela descoberta da radioatividade	Marie, se torna membro socia da Academia de Medicina de Paris.
---	---	---	--	--	------------------------------	---	--

Linha do Tempo: História da Radiação



- Destaque colorindo as cartas das informações dadas com verdadeiras:



7. Marque com um X a alternativa correta:

- O primeiro Raio X tirado por Rontgen foi dos seus próprios dedos.
- O primeiro Raio X tirado por Rontgen foi da mão de sua esposa Anna.
- O primeiro Raio X tirado por Rontgen foi das mãos de Curie.
- O primeiro Raio X tirado por Rontgen foi das mãos de Becquerel.

8. Coloque V para verdadeiro ou F para falso:

- Os raios X, por vezes na Alemanha, são chamados de “raios de Becquerel”.
- Os raios X por vezes na Alemanha, são chamados de “raios de Curie”.
- Os raios X, por vezes na Alemanha, são chamados de “raios de Haisnten”.
- Os raios X por vezes na Alemanha, são chamados de “raio de Rontgen”.

9. Sobre a importância da descoberta dos raios X, marque o que for incorreto:

- No ano seguinte a descoberta dos raios X por Rontgen, a Europa já usava para fazer exames de imagem em pacientes.
- Os raios X são ondas eletromagnéticas com grande potencial de energia dentro do espectro eletromagnético.
- A descoberta dos raios X, revolucionou a medicina no que diz respeito a exames isso porque, antes de sua descoberta não existia uma forma de ver o interior do corpo humano.
- A descoberta dos raios X não fez nenhuma diferença, sua descoberta não foi aceita pela sociedade mundial isso porque não houve contribuição para a humanidade.

10. Descreva qual a importância da representatividade de Marie Curie para as mulheres nos dias atuais.

5.REFERÊNCIAS

AMADOR, Iviani Mantovani. **A utilização da História da Ciência no ensino: uma contribuição.** 2011. Disponível em: <https://silو.tips/download/universidade-presbiteriana-mackenzie-centro-de-ciencias-biologicas-e-da-saude-cu-6>. Acesso em: 01 maio 2022.

BECQUEREL, H. Sur les radiations invisibles émises par les corps phosphorescents. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, Paris, v. 128, p. 501–503, 1896.

BOAVENTURA, K. de J.; MEDEIROS, W. de A. História da ciência e mediação: a importância da história para o ensino de ciências. **Revista Polyphonia**, Goiânia, v. 26, n. 2, p. 143–157, 2015. DOI: 10.5216/rp.v26i2.38307. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/sv/article/view/38307>. Acesso em: 20 mai. 2022. QUINN, S. (1997). *Marie Curie uma vida*. Tradução de Sonia Coutinho. São Paulo: Ed. Scipione Cultural. [You Think Beauty Is Skin Deep? You're Not A Chiropractor : Shots - Health News : NPR.](#)

CURIE, M. Nobel Lecture, December 11, 1911, Radium and the New Concepts in Chemistry. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1911/marie-curie/lecture/> Acesso em: 01 maio 2022.

DEROSSI, Ingrid Nunes; FREITAS-REIS, Ivoni. Uma educadora científica do século XIX e algumas questões sexistas por ela enfrentadas: marie curie superando preconceitos de gênero. **Educación Química**, [S.L.], v. 30, n. 4, p. 89, 11 out. 2019. Universidad Nacional Autonoma de Mexico. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2019.4.68526>.

EDITORS, Biography.Com. **Marie Curie Biography.** 2014;2021. Disponível em: <https://www.biography.com/scientist/marie-curie>. Acesso em: 20 jan. 2022.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. "Rádio: Um elemento radioativo"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/radio-um-elemento-radioativo.htm>. Acesso em 19 de julho de 2022.

GERSON, E.S. (2004). Scenes from the past: x-ray mania: the x ray in advertising, Circa 1895. *Radiographics*; 24 (2): 544-55.

GOERGEN, Pedro. Ciência, sociedade e universidade. **Educação & Sociedade**, [S.L.], v. 19, n. 63, p. 53-79, ago. 1998. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-73301998000200005>.

GURGEL, Ivã. **Sobre a importância da História das Ciências.** 2017. Sobre a importância da História das Ciências Ivã Gurgel é professor do Instituto de Física (IF) da USP. Disponível em: <https://jornal.usp.br/artigos/sobre-a-importancia-da-historia-das-ciencias/>. Acesso em: 20 jun. 2022.

MARTINS, R. A. Como Becquerel não descobriu a radioatividade, publicado no Caderno Catarinense de Ensino de Física 7 (1990) p. 27-45.

MCHUGH, Brendan. **Marie Curie: 7 Facts About the Groundbreaking Scientist:** Marie Curie is recognized throughout the world not only for her groundbreaking nobel prize-winning discoveries but also for having boldly broken many gender barriers during her lifetime. 2015;

2020. Disponível em: <https://www.biography.com/news/marie-curie-biography-facts>. Acesso em: 25 jan. 2022.

CNEN NN Norma 3.01 **Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica**. Resolução 164/14. Brasília, 2014.

VERÍSSIMO, Suzana. **O casal Curie**: uma breve história da dupla que revolucionou a física atômica, mexeu com radiação sem luvas, passou o rodo no Nobel e renegou a vida de celebridade. 1988; 2018. Disponível em: <https://super.abril.com.br/historia/o-casal-curie/>. Acesso em: 20 jan. 2022.

WATSON, E.C. The Discovery of X-Rays. *American Journal of Physics*, 13, 281-291 (1945)

XAVIER, A. M.; MORO, J. T.; HEILBRON, P. F. **Princípios básicos de segurança e proteção radiológica**. 3ª ed. Revisada - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.