INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS

DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA

MARCIO ALEXANDRE BOTTI

IMPACTOS DAS RADIAÇÕES IONIZANTES NOS SERES HUMANOS: UMA REVISÃO DA LITERATURA COM FOCO NO ENSINO MÉDIO

FLORIANÓPOLIS, 2025

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS

DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA

MARCIO ALEXANDRE BOTTI

IMPACTOS DAS RADIAÇÕES IONIZANTES NOS SERES HUMANOS: UMA REVISÃO DA LITERATURA COM FOCO NO ENSINO MÉDIO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em Radiologia.

Professora Orientadora:
Dra. Caroline de Medeiros

FLORIANÓPOLIS, 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

BOTTI, Márcio Alexandre.
Impactos das radiações ionizantes nos seres humanos: uma revisão da literatura com foco no ensino médio / Márcio Alexandre Botti. – Florianópolis, 2025.

29 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Radiologia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis, Departamento Acadêmico de Saúde e Serviços, 2025.
Orientadora: Caroline de Medeiros.

1. Radiação ionizante. 2. Radiação não ionizante. 3. Saúde pública. 4. Exposição ocupacional. 5. Ensino médio. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. Câmpus Florianópolis. II. Título.

CDD 616.0754

IMPACTOS DAS RADIAÇÕES IONIZANTES NOS SERES HUMANOS: UMA REVISÃO DA LITERATURA COM FOCO NO ENSINO MÉDIO

MARCIO ALEXANDRE BOTTI

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Tecnólogo em Radiologia e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 11 de março de 2025.

Banca Examinadora:

gov.br
Documento assinado digitalmente
CAROLINE DE MEDEIROS
Data: 08/04/2025 10:44:34-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa Caroline De Medeiros –
Presidente Orientadora Membro/IFSC

gov.br
Documento assinado digitalmente
PETER KUHN
Data: 08/04/2025 14:18:21-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Peter Kuhn
Membro/IFSC

ICP-Edu
Documento assinado digitalmente
Marco Antonio Bertoncini Andrade
Data: 08/04/2025 11:03:15-0300
CPF: ***.822.259-**
Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br

Prof. Marco Antonio Bertoncini –
Membro/IFSC

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste curso e o desenvolvimento deste trabalho final representaram uma jornada repleta de desafios, aprendizados, superação e crescimento. Agradeço profundamente a todos que, de alguma forma, caminharam comigo nessa jornada, para que este momento se tornasse possível.

Em primeiro lugar, agradeço ao Criador de Tudo, que me ouviu em orações, concedendo-me fé, força e perseverança para enfrentar cada etapa desse caminho. Muito obrigado, meu Deus, por estar sempre ao meu lado.

À minha família, que esteve comigo com apoio incondicional, incentivo e compreensão, especialmente nos momentos de intensa dedicação aos estudos. Um agradecimento especial à minha esposa, Irene Elias Botti, que, com paciência e carinho, me apoiou e ajudou a superar todas as dificuldades.

À minha filha, Daniela Cristina Botti Hayashida, educadora e pesquisadora da língua portuguesa, que, com seus conhecimentos e fundamentos sobre a linguagem, contribuiu significativamente para o aprimoramento deste trabalho.

À minha orientadora, Caroline de Medeiros, que soube orientar e guiar cada etapa do desenvolvimento deste trabalho. Sua capacidade de enxergar a essência do projeto e manter o foco no objetivo central, a educação e o fortalecimento do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia.

Muito obrigado!

Marcio Alexandre Botti.

RESUMO

A exposição às radiações ionizantes tem sido um tema de grande relevância devido aos seus impactos potenciais na saúde humana, abrangendo desde efeitos ocupacionais até consequências clínicas e ambientais. Este estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura para identificar e analisar os principais achados científicos relacionados aos riscos e efeitos da exposição a radiações, com ênfase no público do ensino médio. Justifica-se a pesquisa pela necessidade de compreender melhor os mecanismos de ação dessas radiações no organismo humano e subsidiar medidas de proteção eficazes. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática seguindo as diretrizes do protocolo PRISMA, com busca de estudos publicados em bases de dados científicas como *Google Scholar, Scielo e PubMed*. Após a aplicação de critérios de inclusão e exclusão, foram analisados sete estudos que abordaram os impactos das radiações ionizantes na saúde. Os resultados indicam que a exposição prolongada pode causar danos celulares, aumento do risco de câncer e outras condições adversas, reforçando a importância de regulamentações e protocolos de proteção. Conclui-se que é fundamental a adoção de políticas públicas e medidas preventivas para minimizar os impactos negativos dessas radiações, especialmente em ambientes ocupacionais e médicos.

Palavras-chave: Radiação ionizante. Radiação não ionizante. Saúde pública. Exposição ocupacional. Ensino médio.

ABSTRACT

Exposure to ionizing radiation has been a highly relevant topic due to its potential impacts on human health, ranging from occupational effects to clinical and environmental consequences. This study aims to conduct a systematic review of the literature to identify and analyze the main scientific findings related to the risks and effects of radiation exposure, with an emphasis on high school students. The research is justified by the need to better understand the mechanisms of action of these radiations on the human body and to support effective protective measures. To this end, a systematic review was carried out following the guidelines of the PRISMA protocol, searching for studies published between in scientific databases such as Google Scholar, Scielo and PubMed. After applying inclusion and exclusion criteria, seven studies that addressed the impacts of ionizing and non-ionizing radiation on health were analyzed. The results indicate that prolonged exposure can cause cellular damage, increased risk of cancer and other adverse conditions, reinforcing the importance of regulations and protection protocols. It is concluded that it is essential to adopt public policies and preventive measures to minimize the negative impacts of these radiations, especially in occupational and medical environments.

Key-words: Ionizing radiation. Non-ionizing radiation. Public health. Occupational exposure. Middle school.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12
1.2 Justificativa 14
1.3 Objetivo Geral 15
1.4 Objetivos Específicos 15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 16
2.1 Radiação 16
2.2 Proteção radiológica 17
2.3 Fotoproteção e os Efeitos das Radiações Eletromagnéticas na Saúde 21
2.4 Currículo Escolar da Educação Básica (Ensino Médio) 22
3. METODOLOGIA 24
4. RESULTADOS 26
5. DISCUSSÃO 30
5.1 Currículo do Ensino Médio e a Presença de Conteúdos sobre Radiações Ionizantes 30
5.2 Identificação de Lacunas nos Currículos de Física e Biologia Relacionadas ao Ensino das Radiações e Seus Efeitos 34
5.3 Física e Biologia Relacionadas ao Ensino das Radiações e Seus Efeitos 37
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 41
REFERÊNCIAS 43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Limites de dose recomendados 18
Quadro 2 - Artigos Científicos Selecionados 26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALARA – *As Low As Reasonably Achievable* (Tão Baixo Quanto Razoavelmente Exequível)
ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BNCC – Base Nacional Comum Curricular
CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear
EPIs – Equipamentos de Proteção Individual
EPSJV – Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio
ICRP – *International Commission on Radiological Protection* (Comissão Internacional de Proteção Radiológica)
IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina
INCA – Instituto Nacional de Câncer
IRD – Instituto de Radioproteção e Dosimetria
IOE – Indivíduo Ocupacionalmente Exposto
IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC – Ministério da Educação
PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PNE – Plano Nacional de Educação
PRISMA – *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*
PUC – Pontifícia Universidade Católica
RCAAP – Repositório Científico de Acesso Aberto de Portugal
RDC – Resolução da Diretoria Colegiada
SUS – Sistema Único de Saúde
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UV – Ultravioleta
WHO – *World Health Organization* (Organização Mundial da Saúde)

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a educação é regida por um conjunto de leis e diretrizes que estabelecem princípios, políticas e obrigações relacionadas ao ensino em todas as etapas do Ensino Médio, Técnico e até na Pós-Graduação. Essas leis desempenham um papel fundamental. Dentro deste contexto, a Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988) é a base legal para a educação no país, estabelecendo os princípios e diretrizes gerais que norteiam o sistema educacional brasileiro, tendo ainda as Diretrizes Curriculares Nacionais (LDB, 1996) que em suas atualizações vem promovendo mudanças curriculares para melhor performance de aprendizado, “formações experimentais (…) que são autorizadas pelos respectivos sistemas de ensino” (p.29) indicando que sempre existe espaço em temas e abordagens distintas.

Além disso, existe a Base Nacional Curricular (BNCC, 2017) 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.

O ensino médio, em alguns países da Europa e América do Norte, fortalece o conhecimento das radiações ionizantes na disciplina de Física das Radiações por conta de riscos para saúde populacional que esses efeitos podem causar. De acordo com Brown e Thompson (2015), integrar o ensino de radiações ionizantes no currículo do ensino médio pode trazer diversos benefícios aos estudantes e, consequentemente, para seus familiares. Isso porque, primeiramente, permite que os alunos tenham uma compreensão mais ampla sobre o funcionamento do corpo humano estudado em Ciências Biológicas, e a identificação dos efeitos das radiações como um todo na vida das pessoas, sejam eles danosos ou benéficos, estimulando assim o pensamento crítico e a capacidade de análise. Inclusive, as leis mencionadas dispõem de flexibilidade em conteúdos curriculares, mantendo o formato básico para todos e específico, adequados e ajustados ao interesse local. Os autores argumentam ainda que essa inclusão pode fomentar o pensamento crítico e preparar os alunos para lidar com questões tecnológicas e científicas complexas, promovendo uma educação mais abrangente e relevante.

Jenkins (2000), as contribuições do ensino sobre os impactos das radiações ionizantes aos estudantes do ensino médio são destacadas de forma abrangente. Jenkins argumenta que essa inclusão promove uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos fundamentais e seus efeitos práticos no cotidiano, desenvolvendo habilidades críticas para avaliar riscos e benefícios das tecnologias envolvendo radiações, melhorando a alfabetização científica. Além disso, essa educação pode formar cidadãos mais informados e preparados para discernir questões de saúde física e mental, além de despertar o interesse dos estudantes pela área da saúde. Isso pode motivá-los a considerar carreiras como médicos radiologistas, físicos, tecnólogos e técnicos em radiologia, ou outros profissionais da saúde que utilizam exames radiológicos. Logo, o ensino das radiações ionizantes na educação de ensino médio é um assunto que pode despertar interesse e discussões no currículo escolar.

O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) tem atendido à demanda por conhecimentos relacionados à radiação ionizantes por meio de um projeto “IPEN vai à escola”, visando abordar e ensinar sobre radiação ionizante e seus efeitos, preparando os alunos para discernir e ampliar conhecimento sobre suas atividades. Além do IPEN, o Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), faz um trabalho de ir às escolas de ensino médio ensinar sobre radiações ionizantes e seus efeitos (IPEN, 2024; IRD, 2024).

As ações promovidas pelo Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) destacam-se pela transformação de realidades específicas por meio da educação profissional, conforme evidenciado por Cavalcante e Elali (2011), que ressaltam a importância de processos educativos na formação de cidadãos capazes de interagir criticamente com seu entorno social e ambiental. No ensino sobre radiações ionizantes, destaca-se a disciplina de extensão "Fundamentos de Proteção Radiológica e Aplicações das Radiações", oferecida pelo IFSC. A iniciativa visa promover o conhecimento sobre os impactos das radiações por meio de exemplos práticos do cotidiano, como o uso de exames radiológicos na medicina, a exposição à radiação ultravioleta e suas consequências para a saúde da pele, além da segurança na manipulação de fontes radioativas em ambientes industriais e laboratoriais. O desenvolvimento de cursos rápidos, gratuitos e direcionados a públicos específicos, como essa ação de extensão universitária, reflete o compromisso do IFSC em alinhar educação, ciência e tecnologia aos desafios

locais, proporcionando protagonismo estudantil e impacto social significativo. As iniciativas são reforçadas por Jenkins (2000), que argumenta sobre o papel transformador de programas educacionais focados em temáticas científicas, capazes de desenvolver habilidades críticas e práticas nos estudantes, promovendo sua integração em questões de relevância coletiva.

1.1 Problema da pesquisa

Quais são as principais metodologias de ensino sobre os impactos das radiações ionizantes nos seres humanos no contexto aos estudantes do ensino médio?

1.2 Justificativa

As radiações ionizantes possuem energia suficiente para alterar o DNA das células, podendo causar danos graves à saúde, como o desenvolvimento de câncer (Inca, 2022). Apesar dos riscos associados, as radiações, quando manejadas adequadamente, também podem oferecer benefícios, como a radiação solar, que em doses moderadas auxilia na síntese de vitamina D, no fortalecimento do sistema imunológico, na prevenção de algumas doenças e na melhora do bem-estar psicológico (MOAN et al., 2005). A exposição sem proteção adequada pode provocar queimaduras, fotoenvelhecimento e até câncer de pele, como apontado por Okuno e Vilela (2005). Os impactos evidenciam a relevância de introduzir o tema no currículo do ensino médio, com o objetivo de educar sobre práticas de proteção e manejo consciente das radiações.

O ensino dessa temática no âmbito do ensino médio pode promover mudanças significativas na prática de cuidado individual e coletivo. Conforme Bezerra (2022), o câncer de pele representou cerca de um terço dos diagnósticos de câncer no Brasil em 2020, com mais de 2.600 mortes registradas. Muitos desses casos poderiam ser evitados com a adoção de práticas de proteção solar desde a infância e adolescência, períodos em que os indivíduos estão em formação cognitiva e mais receptivos a orientações educativas (Cavalcante; Elali, 2011), incluir o ensino sobre os efeitos das radiações no currículo escolar pode contribuir para a formação de cidadãos mais conscientes sobre os riscos e benefícios das

radiações, estimulando comportamentos preventivos e promovendo a saúde coletiva. Ao entenderem os impactos das radiações no corpo humano, os estudantes se tornam agentes transformadores, capazes de disseminar boas práticas em suas comunidades e reduzir a exposição desnecessária, contribuindo para uma sociedade mais informada e saudável.

1.3 Objetivo Geral

Este estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura para identificar e analisar os principais achados científicos relacionados aos riscos e efeitos da exposição a radiações, com ênfase no público do ensino médio.

1.4 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

a) Analisar a base curricular de ensino médio e saber se contém conhecimentos sobre os efeitos das radiações ionizantes nos seres humanos;

b) Identificar possíveis lacunas nos currículos em relação ao ensino da área da física e da biologia sobre as radiações e seus efeitos;

c) Analisar estratégias e metodologias educacionais utilizadas no ensino dos efeitos das radiações ionizantes nos seres humanos no nível médio, com base em revisão da literatura científica.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

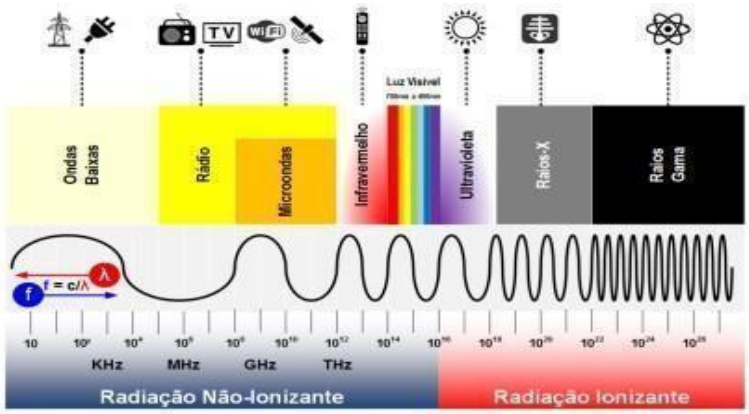
Nesta seção, foram abordados alguns pontos importantes, como a proteção radiológica e os efeitos da radiação ionizante nos seres humanos, tendo em vista que é muito importante para se ter o levantamento da produção científica já disponível.

2.1 Radiação

Radiações são ondas eletromagnéticas ou partículas que se propagam com uma determinada velocidade. Podem ser geradas por fontes naturais ou por dispositivos construídos pelo homem. Elas podem ser corpusculares, constituídas de matéria, ou eletromagnéticas, constituídas apenas de energia (Santos, 2020).

Radiação é a propagação de energia através do espaço, podendo ocorrer por partículas ou ondas eletromagnéticas (Dimenstein; Hornos, 2004), como mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Radiações



Fonte: Unicentro, (2021).

A radiação eletromagnética é feita de campos magnéticos e elétricos oscilantes, propagando-se no ar e no vácuo com a velocidade da luz. Exemplos dessa radiação são ondas de rádio, raios infravermelhos, raios X e raios gama (Augusto, 2009).

Radiação ionizante é aquela que tem energia para remover elétrons dos átomos, criando então os íons (Inca, 2021). Ela tem energia suficiente para alterar a

estrutura da matéria viva através da retirada de elétrons dos seus átomos. Essas radiações são invisíveis, indolores e, dependendo da sua energia, atingem uma determinada profundidade do corpo, podendo levar a danos nos seres vivos.

Os efeitos nocivos da radiação ionizante são os somáticos, que precisam de uma dose relativamente alta e os efeitos aparecem em torno de 60 dias; os efeitos Hereditários, que afetam os descendentes de quem foi exposto à radiação, resultando em mutações genéticas; já os Estocásticos são alterações nas células normais, como o exemplo do câncer, e os Determinísticos, que surgem quando se causa uma morte celular por excesso de radiação (Augusto, 2009).

Já os efeitos da radiação não ionizante incluem danos como alterações físicas, como o aumento da temperatura do corpo; alterações químicas, como o nível de sódio e potássio; e alterações biológicas no sistema nervoso central (Ribeiro; Pessoa, 2007).

2.2 Proteção radiológica

Para prevenir esses efeitos, foram criadas normas, e cada país tem um órgão responsável por adequar as normas internacionais de atividades com radiação ionizante à sua condição. No Brasil, o órgão governamental responsável por isso é a Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN (Dimenstein, 2004). A Resolução nº 06 (Brasil, 1988) define radioproteção como um “conjunto de medidas que visa proteger o Homem e o meio ambiente de possíveis efeitos indevidos causados pela radiação ionizante, de acordo com princípios básicos estabelecidos pela CNEN”.

A proteção contra radiação ionizante tem três princípios para estabelecer um nível de proteção aceitável (ICRP, 2007). Esses princípios são a justificação, que, conforme a CNEN, nenhum exame deve ser autorizado sem ter benefício suficiente ao paciente. Já a otimização estabelece que deve ser utilizada a dose de radiação necessária e suficiente para o destino, e a limitação da dose é para não exceder os limites de dose recomendados (Paula; Tauhata, 2005) que estão mostrados no quadro 1.

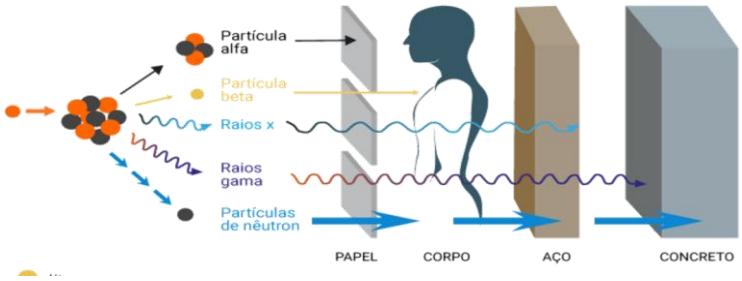
Quadro 1 - Limites de dose recomendados

Grandeza	Órgão	IOE	Público
Dose efetiva	Corpo inteiro	20 mSv	1 mSv
Dose equivalente	Cristalino	20 mSv (alterado pela resolução CNEN 114/2011)	15 mSv
	Pele	500 mSv	50 mSv
	Mão e Pés	500 mSv	–

Fonte: CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. Norma CNEN NN 3.01 - Diretrizes Básicas de Radioproteção, 2014; Resolução CNEN 114/2011.

O princípio ALARA (As Low As Reasonably Achievable) significa tão baixo quanto razoavelmente possível, ou seja, tem como filosofia básica a redução da exposição do Indivíduo Ocupacionalmente Exposto (IOE) a menor dose possível (Días, 2015). Para controlar a exposição, o princípio ALARA tem três princípios: o tempo de exposição que previne a dose reduzindo o tempo de permanência perto da fonte, a distância da fonte que se refere à lei do inverso do quadrado, ou seja, quanto mais longe da fonte, menos radiação, e a blindagem se trata de materiais para barrarem a radiação (Xavier *et al.*, 2006). Dependendo da radiação, alguns materiais conseguem barrar como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Blindagem da radiação



Fonte: Gomes, 2019.

A ANVISA (2022) traz a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) 611, publicada em 9 de março de 2022, que atua na regulamentação e garantia da segurança em procedimentos radiológicos no Brasil, pois estabelece requisitos mínimos para o funcionamento dos serviços de radiologia diagnóstica e intervencionista, com foco na proteção radiológica dos pacientes, profissionais e do público em geral. Já as normas que regulamentam a radioproteção nos serviços de radioterapia e medicina nuclear são de competência da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), sendo regidas, respectivamente, pelas normas CNEN NN 6.10 (Segurança e Proteção Radiológica em Radioterapia) e CNEN NN 3.05 (Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Serviços de Medicina Nuclear). Essas normativas são para o cumprimento de regulamentações legais e para assegurar práticas seguras e eficazes na utilização de radiações ionizantes em ambientes de saúde, promovendo a saúde pública e a qualidade dos serviços prestados na área de radiologia.

2.3 A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e a Inserção do Ensino sobre Radiações no Ensino Médio

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) representa um marco na educação brasileira ao estabelecer diretrizes para o desenvolvimento de competências e habilidades essenciais ao longo da educação básica, garantindo uma formação integral e interdisciplinar para os estudantes. Segundo Mizukami (2017), a BNCC busca promover a articulação entre os diferentes campos do conhecimento, incentivando a aplicação de conceitos científicos em contextos reais e relevantes para a sociedade. No que se refere ao ensino de radiações ionizantes, a BNCC pode auxilia ao fomentar a inserção desse tema no currículo escolar, especialmente por meio de disciplinas interdisciplinares ou cursos de extensão que abordem os impactos das radiações na saúde humana e no meio ambiente. A integração desse conhecimento ao ensino médio contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico, permitindo que os estudantes compreendam melhor os benefícios e riscos das radiações, além de estimulá-los a adotar medidas preventivas e refletir sobre o avanço das tecnologias radiológicas na sociedade.

Quando o olhar é direcionado à educação e ao objetivo do presente projeto, é preciso lembrar que a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) no Brasil define as competências essenciais que todos os estudantes devem desenvolver ao longo da educação básica, incluindo o ensino médio. De acordo com a BNCC (2017), ao

contexto específico dos impactos das radiações ionizantes, a BNCC apoia a disseminação de um curso de extensão de várias maneiras:

a) **Integração de Temas Transversais**: A BNCC incentiva a abordagem de temas transversais que são relevantes para a formação integral dos estudantes, como saúde, meio ambiente e tecnologia. Os impactos das radiações se enquadram nesses temas, promovendo uma visão interdisciplinar que conecta conhecimentos de física, biologia, saúde e cidadania.
b) **Ênfase em Competências e Habilidades**: A BNCC não se limita ao ensino de conteúdos específicos, mas enfatiza o desenvolvimento de competências e habilidades. Um curso de extensão sobre os impactos das radiações pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico, capacidade de análise de informações científicas e tomada de decisões éticas, fundamentais para uma educação científica de qualidade.
c) **Flexibilidade Curricular**: A BNCC oferece uma estrutura flexível que permite adaptações curriculares para atender às necessidades locais e regionais, assim como às demandas emergentes na sociedade. Um curso de extensão sobre radiações pode ser adaptado para incorporar casos e exemplos locais, tornando-o mais relevante e aplicável para os estudantes do ensino médio.
d) **Orientação para a Formação de Professores**: A BNCC também orienta a formação inicial e continuada de professores, incentivando práticas de ensino atualizadas e alinhadas com as diretrizes curriculares. Um curso de extensão poderia incluir módulos específicos voltados para a capacitação de professores, proporcionando-lhes conhecimentos atualizados sobre radiações e metodologias de ensino eficazes para esses conteúdos.
e) **Promoção da Educação para a Saúde e a Cidadania**: A BNCC valoriza a educação que promove a saúde e o bem-estar dos estudantes, além de contribuir para sua formação como cidadãos conscientes e responsáveis. Conhecimentos sobre os impactos das radiações ajudam os estudantes a entenderem questões de segurança e saúde pública, capacitando-os a tomar decisões informadas ao longo de suas vidas.

Portanto, a BNCC fornece um arcabouço sólido e flexível que apoia a disseminação de um curso de extensão sobre os impactos das radiações ionizantes no ensino médio, promovendo uma educação científica de qualidade e relevância para os estudantes brasileiros. Ademais, um curso de extensão focado na disseminação da proteção radiológica pode ser altamente benéfico para a aplicação desses critérios na prática. Dentro dos parâmetros curriculares da BNCC, tal curso pode proporcionar aos estudantes conhecimento teórico e habilidades práticas necessárias para implementar medidas de proteção radiológica de forma eficaz. Através de simulações e estudos de caso, os participantes podem aprender a calcular tempos de exposição seguros, dimensionar a distância adequada em diferentes cenários e selecionar materiais de blindagem apropriados conforme as especificidades das fontes de radiação. Dessa forma, o curso não apenas prepara os futuros profissionais da área de radiologia para atenderem às exigências legais e normativas, como também promove uma prática segura e responsável, alinhada aos princípios de proteção radiológica e às diretrizes conforme a BNCC (2017).

2.3 Fotoproteção e os Efeitos das Radiações Eletromagnéticas na Saúde

A exposição solar sem a adequada proteção pode ter efeitos agudos e crônicos prejudiciais à pele (D'arrigo *et al., 2013).* Segundo González e colaboradores (2008), a fotoproteção é um elemento profilático e terapêutico frente aos efeitos danosos da radiação UV. Uma das legislações que regem os fotoprotetores é a Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) N° 69 de 23 de março de 2016 da ANVISA, que fala sobre o "regulamento técnico MERCOSUL sobre lista de filtros ultravioletas permitidos para produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes" (Brasil, 2016).

No Brasil, a Sociedade Brasileira de Dermatologia estima que 62% das mulheres e 76% dos homens se expõem ao sol sem nenhum tipo de proteção. Pessoas dos países tropicais têm mais risco de ter esse tipo de doenças pela inevitável exposição ao sol. Segundo dados do INCA, houve um aumento de cerca de 489.270 novos casos de câncer de pele no Brasil entre o ano de 2010 e 2011 (Moura, 2015).

2.4 Currículo Escolar da Educação Básica (Ensino Médio)

O currículo escolar é a base da prática pedagógica, servindo como referência para a gestão e organização do conhecimento escolar, além de estabelecer as metodologias e estratégias de aprendizagem adotadas pela escola para formação dos estudantes. Resumidamente, é um documento normativo que compreende os objetivos de aprendizagem e as habilidades a serem desenvolvidas pelos alunos, além de orientar os professores para cumprir esse propósito (Sae, 2023).

Segundo McNeil (2001), a finalidade da educação, segundo o currículo acadêmico, é a transmissão dos conhecimentos vistos pela humanidade como algo inquestionável e principalmente como uma verdade absoluta. Então, para implementar o ensino da radiologia na educação básica, é necessário planejar cuidadosamente o conteúdo programático e as metodologias a serem utilizadas, inclusive adaptar o ensino às diferentes faixas etárias, utilizando linguagem acessível e atividades práticas adequadas ao nível de desenvolvimento dos estudantes.

Para Silva (1996, p. 23):

> O currículo é um dos locais privilegiados onde se entrecruzam saber e poder, representação e domínio, discurso e regulação. E também no currículo que se condensam relações de poder que são cruciais para o processo de formação de subjetividades sociais. Em suma, currículo, poder e identidades sociais estão mutuamente implicados. O currículo corporifica relações sociais.

A Lei nº 9.394 (Brasil, 1996) discorre sobre as Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), e é a principal legislação educacional do Brasil, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, determinando a organização do sistema educacional, definindo as etapas da educação básica e estabelecendo os princípios, objetivos e diretrizes pedagógicas a serem seguidos.

O Plano Nacional de Educação (PNE), Lei nº 13.005 (Brasil, 2014), é um instrumento que estabelece metas, estratégias e diretrizes para a política educacional do país. Ele define os objetivos a serem alcançados em um período de dez anos e orienta as ações a serem desenvolvidas nas áreas da educação básica e superior.

BNCC estabelece campos de experiência desde a Educação Infantil, que são: "O eu, o outro e o nós", "Corpo, gestos e movimentos", "Traços, sons, cores e formas", "Escuta, fala, pensamento e imaginação" e "Espaços, tempos, quantidades, relações e transformações". Esses campos visam desenvolver habilidades fundamentais, promovendo a curiosidade e a exploração do mundo natural. No Ensino Médio, a BNCC integra temas como radiações ionizantes no currículo de Ciências, fomentando uma compreensão interdisciplinar que abrange saúde pública e tecnologia. Essa abordagem desenvolve o pensamento crítico que pode acarretar no bem-estar pessoal e social, o currículo escolar, conforme descrito por SAE (2023) e McNeil (2001), atua como uma base normativa que organiza e direciona a prática pedagógica, estabelecendo metodologias e estratégias de aprendizagem que são essenciais para a formação integral dos estudantes.

De acordo com McNeil (2001), as complexidades e desafios associados à reforma educacional, especialmente no contexto da crescente ênfase em testes padronizados. McNeil explora como a ênfase excessiva em testes pode ter custos educacionais significativos, incluindo uma abordagem estreita do currículo, falta de criatividade e curiosidade dos alunos, e até mesmo impactos negativos na autoestima e motivação dos estudantes. Nesse contexto, a importância de temas interdisciplinares como os impactos das radiações ionizantes no currículo do Ensino Médio, ganha destaque. Introduzir tópicos como esse amplia o horizonte educacional dos estudantes e promove uma compreensão mais abrangente e crítica do mundo ao seu redor. Ao integrar questões de saúde pública e tecnologia, essa abordagem prepara os alunos para o mercado de trabalho e os capacita nas tomadas de decisões conscientes.

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa foi desenvolvida por meio de uma revisão sistemática da literatura, um método rigoroso e estruturado de investigação científica, que tem como objetivo identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências disponíveis sobre um determinado tema.

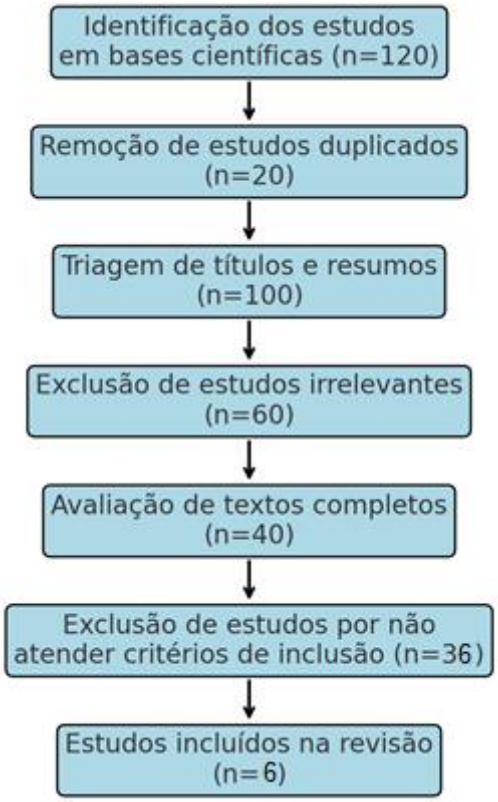
A revisão sistemática foi conduzida seguindo as diretrizes estabelecidas pelo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), garantindo a seleção criteriosa dos estudos. Para isso, foi realizada uma busca exaustiva em bases de dados científicas reconhecidas, como Google Scholar, Scielo, PubMed e Web of Science, utilizando descritores padronizados e palavras-chave como: ‘Radiação ionizante’, ‘Radiação não ionizante’, ‘Saúde pública’, ‘Exposição ocupacional’ e ‘Ensino médio’. A seleção dos artigos foi baseada em critérios pré-definidos de inclusão e exclusão, considerando apenas estudos publicados nos últimos cinco anos (2020-2025) e que apresentem relevância científica para o tema.

Os critérios de inclusão abrangeram estudos publicados em periódicos indexados, revisados por pares, e que apresentem abordagens qualitativas e quantitativas sobre os efeitos das radiações ionizantes na saúde humana. Serão excluídos artigos de caráter opinativo, revisões não sistemáticas, dissertações e teses que não atenderam aos critérios metodológicos estabelecidos. Além disso, foram priorizados estudos que explorem a exposição ocupacional, os efeitos biológicos e epidemiológicos da radiação, bem como os aspectos regulatórios e normativos sobre o tema.

A coleta de dados foi realizada no mês de fevereiro de 2025 por meio da leitura criteriosa dos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos identificados, seguida de uma análise detalhada dos textos completos dos estudos selecionados. Os dados extraídos foram organizados em categorias temáticas, permitindo a sistematização e interpretação dos principais achados científicos, a revisão sistemática permitiu uma síntese crítica e abrangente da literatura existente, destacando as lacunas do conhecimento, os avanços científicos e as implicações para a saúde pública e a regulamentação do uso da radiação.

O fluxograma (Quadro 1) ilustra o processo de inclusão dos estudos na revisão sistemática, seguindo uma abordagem estruturada e criteriosa. Inicialmente, foram identificados 120 estudos em bases de dados científicas reconhecidas. Após a remoção de 20 estudos duplicados, restaram 100 artigos, que passaram por uma triagem baseada na leitura de títulos e resumos. Nessa etapa, 60 estudos foram excluídos por não atenderem ao tema ou aos critérios metodológicos estabelecidos. Os 40 artigos restantes foram analisados em texto completo, resultando na exclusão de 34 estudos que não preenchiam integralmente os critérios de inclusão. 6 estudos foram considerados relevantes e incluídos na revisão sistemática, garantindo uma seleção rigorosa e fundamentada para a análise dos impactos das radiações ionizantes na saúde humana.

Figura 3 - Fluxograma dos estudos incluídos para os resultados



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

4. RESULTADOS

A coleta / análise dos dados ocorreu em fevereiro de 2025. Para consolidar a análise dos impactos das radiações ionizantes nos seres humanos, foi elaborado um quadro que sintetiza os principais estudos selecionados na revisão sistemática. A seleção dos artigos considerou critérios como relevância para a temática, metodologias empregadas e o enfoque dado à proteção radiológica, riscos ocupacionais, bioética e implicações clínicas da exposição à radiação. Os estudos foram extraídos de bases de dados científicas reconhecidas, garantindo a credibilidade e a atualidade das informações. No quadro 2 a seguir, estão organizadas as referências dos estudos analisados, juntamente com o local da publicação, o tipo de estudo realizado e seus respectivos objetivos.

Quadro 2 - Artigos Científicos Selecionados

Referência	Local da Publicação	Tipo de Estudo	Objetivo
Lucena, et. al. (2017)	Brazilian Journal of Radiation Sciences	Revisão e análise educacional	Esclarecer a população sobre as aplicações, riscos e benefícios da radiação ionizante, destacando a importância da abordagem do tema nas escolas e sugerindo a aproximação entre instituições educacionais e aquelas que utilizam tecnologias radioativas.
Anselmo, J. C. (2016)	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)	Pesquisa e análise educacional	Discutir a importância da inserção do ensino de física das radiações ionizantes no currículo do ensino médio, analisando o

			conhecimento da população sobre o tema e propondo estratégias para aprimorar o ensino da física moderna nas escolas.
Melo, F. B.; Vicente, R. (2022)	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)	Estudo de viabilidade e análise educacional	Avaliar a viabilidade da implementação de um programa de Iniciação Científica Júnior para alunos do ensino médio no IPEN, considerando aspectos legais, pedagógicos e motivacionais, além de analisar experiências bem-sucedidas e propor um plano de avaliação do programa.
Lima, A. A. M. (2007)	Universidade de Coimbra (Portugal)	Tese de Doutorado	Analisar a abordagem das radiações no ensino básico e secundário, avaliando a inserção desses conteúdos e sua relevância na formação científica dos alunos.
Fiuza, G. S. (2016)	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)	Dissertação de Mestrado	Investigar a presença e o ensino de radiações ionizantes no ensino médio, propondo estratégias para melhorar a compreensão dos alunos sobre o tema.
Furtado, L. P. (2017)	Instituto Federal de Educação,	Pesquisa educacional	Explorar a abordagem da

	Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)		radiação eletromagnética e da radioatividade nas aulas de Química do ensino médio, buscando a ressignificação do conhecimento dos alunos sobre esses temas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Os impactos das radiações ionizantes nos seres humanos são abordados sob diferentes perspectivas nas pesquisas analisadas, principalmente com foco na sua inserção no ensino médio. O estudo de Lucena et al. (2017) destaca que, apesar do uso crescente da radiação ionizante em áreas como a medicina, a população em geral desconhece seus riscos e benefícios. A falta de conhecimento pode levar a percepções distorcidas e ao medo exagerado da radiação, o que reforça a necessidade de sua inclusão no ensino médio. A abordagem educacional proposta visa esclarecer conceitos fundamentais e formar cidadãos mais críticos e preparados para lidar com as aplicações da radiação no cotidiano, reduzindo mitos e equívocos sobre seus efeitos biológicos.

A pesquisa de Anselmo (2016) reforça a relevância do ensino da física das radiações ionizantes no ensino médio, considerando que grande parte da população não compreende os efeitos dessas radiações no organismo humano. A pesquisa aplicada demonstrou que muitos estudantes desconhecem o conceito de radiação ionizante e não ionizante, bem como seus impactos na saúde, a introdução desse tema na educação básica permitiria que os alunos desenvolvessem uma visão dos riscos e benefícios da radiação, principalmente em relação à exposição em exames médicos e ao uso de dispositivos eletrônicos que emitem radiação não ionizante, como celulares e redes Wi-Fi.

O estudo conduzido por Melo e Vicente (2022) explora a viabilidade da Iniciação Científica Júnior no IPEN como uma ferramenta para aprofundar o ensino sobre radiações ionizantes, ao serem expostos a experimentos práticos e atividades investigativas, os alunos desenvolvem uma melhor compreensão dos impactos dessas radiações no organismo humano. A proposta sugere que a inclusão da iniciação científica no ensino médio pode aumentar a conscientização sobre a

importância da proteção radiológica, incentivando a formação de futuros profissionais capacitados para lidar com tecnologias que envolvem radiação.

Lima (2007) analisa a forma como o ensino básico e secundário aborda as radiações e conclui que a falta de conteúdos bem estruturados sobre esse tema resulta na perpetuação de mitos e informações incorretas, os alunos geralmente associam radiação apenas a efeitos negativos, como câncer e mutações genéticas, sem compreender as aplicações benéficas, como a esterilização de alimentos e o uso em tratamentos médicos, uma abordagem mais equilibrada e fundamentada poderia minimizar os impactos do desconhecimento e promover uma melhor percepção pública sobre o tema.

Fiuza (2016) investiga a presença das radiações ionizantes no ensino médio e identifica a necessidade de métodos mais eficazes para ensinar seus efeitos no corpo humano, a radiação ionizante pode causar danos celulares e genéticos quando a exposição não é controlada, enquanto a radiação não ionizante, apesar de menos energética, também pode ter efeitos biológicos a longo prazo, como o aquecimento de tecidos, a adoção de estratégias interdisciplinares para tornar o ensino dessas radiações mais acessível e contextualizado, permitindo que os alunos compreendam melhor a importância da proteção contra exposições desnecessárias.

O estudo de Furtado (2017) enfatiza a necessidade de abordar a radiação eletromagnética e a radioatividade de maneira mais significativa no ensino de química do ensino médio, muitos alunos possuem dificuldades para distinguir os impactos das radiações ionizantes, o que pode gerar interpretações errôneas sobre os riscos e benefícios de cada uma. A ressignificação do conhecimento, proposta pelo estudo, busca melhorar a assimilação do conteúdo e permitir que os estudantes desenvolvam uma consciência mais crítica sobre os impactos dessas radiações no meio ambiente e na saúde humana, reforçando a importância da proteção e do uso seguro dessas tecnologias.

5. DISCUSSÃO

Nessa discussão foram incluídos artigos identificados na revisão sistemática, bem como de outras bases, como livros e legislações, devido a relevância do material para enriquecer a discussão, garantindo uma análise mais completa e embasada. Enquanto os artigos revisados fornecem evidências científicas recentes e específicas sobre o tema, os livros oferecem uma perspectiva mais ampla e aprofundada, permitindo uma contextualização teórica robusta. Além disso, o uso de legislações assegura a conexão entre as descobertas científicas e a aplicação prática ou regulamentar, conferindo maior relevância e aplicabilidade às análises realizadas. Essa abordagem promove uma discussão mais consistente, capaz de integrar conhecimentos teóricos, empíricos e normativos de forma coesa.

5.1 Currículo do Ensino Médio e a Presença de Conteúdos sobre Radiações Ionizantes

O currículo do ensino médio brasileiro contempla, em suas diretrizes, a necessidade de abordar conteúdo de física moderna, incluindo a radioatividade e as radiações ionizantes. No entanto, Lucena et al. (2017) e Anselmo (2016) evidenciam que essa abordagem ainda é bastante superficial nas escolas. O ensino de radiações ionizantes é frequentemente negligenciado ou reduzido a conceitos básicos de energia e ondas eletromagnéticas, sem aprofundamento nas suas aplicações e impactos na sociedade. A limitação curricular impede que os alunos compreendam plenamente os riscos e benefícios da radiação em diferentes contextos, incluindo a medicina, a indústria e a segurança pública.

Melo e Vicente (2022) destacam que a implementação de programas de iniciação científica pode ser uma solução para suprir essa deficiência curricular. A pesquisa realizada no IPEN mostra que os alunos que participam de projetos voltados ao estudo das radiações desenvolvem maior consciência sobre suas aplicações e impactos na saúde humana, a aproximação entre instituições de pesquisa e escolas pode ampliar as oportunidades de aprendizado, permitindo que os estudantes tenham acesso a experimentos e discussões aprofundadas sobre os efeitos das radiações ionizantes. A estratégia pode contribuir para tornar o ensino mais prático e conectado às demandas da sociedade contemporânea.

Lima (2007) aponta que, em outros países, os currículos do ensino médio incluem tópicos mais detalhados sobre radiações, garantindo que os alunos compreendam não apenas os aspectos físicos das ondas eletromagnéticas, mas também seus efeitos biológicos, há uma abordagem mais integrada entre física e biologia, permitindo que os estudantes desenvolvam uma visão interdisciplinar sobre o tema. A ausência de uma estrutura curricular semelhante no Brasil contribui para a falta de conhecimento da população sobre os riscos associados à exposição excessiva a radiações, bem como sobre as medidas de proteção adequadas.

Fiuza (2016) e Furtado (2017) também reforçam que, embora o ensino médio aborde conceitos relacionados à radiação no contexto da química e da física, a falta de articulação entre as disciplinas dificulta a assimilação dos conteúdos pelos alunos. A abordagem fragmentada do tema impede que os estudantes percebam a relação entre os diferentes tipos de radiação e seus impactos na saúde humana. A introdução de metodologias interdisciplinares no currículo, incluindo experimentos práticos e discussões sobre casos reais, poderia melhorar significativamente o entendimento dos alunos e prepará-los melhor para lidar com as questões envolvendo radiações no cotidiano.

A análise do currículo do ensino médio brasileiro evidencia a limitação na abordagem dos impactos das radiações ionizantes, tanto no contexto físico quanto biológico. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento normativo que define as diretrizes educacionais do país, propõe competências gerais e específicas para as áreas do conhecimento, mas não contempla de maneira detalhada os efeitos das radiações na saúde humana. De acordo com McNeil (2001), o currículo escolar deve ser um instrumento que possibilite aos estudantes a construção de conhecimentos que dialoguem com o cotidiano e com as inovações científicas, a falta de um direcionamento explícito sobre a interação entre as radiações e o organismo humano demonstra uma lacuna na formação dos alunos, que poderiam se beneficiar de um entendimento mais aprofundado sobre os riscos e benefícios dessas exposições.

A BNCC estabelece que o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias deve proporcionar aos estudantes uma compreensão integrada dos fenômenos naturais, incentivando a análise crítica e a tomada de decisões embasadas no conhecimento científico, o documento não enfatiza a necessidade de abordar, com profundidade, temas como os efeitos biológicos das radiações ou

as normas de proteção radiológica. Conforme Cavalcante e Elali (2011), a educação científica desempenha um papel fundamental na formação de cidadãos conscientes e preparados para lidar com desafios sociais e ambientais. A ausência de uma abordagem estruturada sobre as radiações ionizantes no currículo do ensino médio pode dificultar a alfabetização científica dos estudantes em relação ao tema, limitando sua capacidade de avaliação crítica sobre as aplicações da radiação na medicina, na indústria e no meio ambiente.

Ao analisar as diretrizes curriculares da disciplina de Física, percebe-se que o ensino sobre radiações é restrito a conceitos gerais de ondas eletromagnéticas, sem um aprofundamento nas distinções entre radiações ionizantes e seus impactos sobre a saúde humana. A BNCC prevê o estudo das propriedades das ondas eletromagnéticas, mas não explora os riscos da exposição excessiva a certos tipos de radiação, como os raios X e a radiação ultravioleta. Segundo Augusto (2009), compreender a natureza da radiação e seus efeitos é essencial para que os indivíduos possam adotar medidas de proteção adequadas e minimizar danos potenciais à saúde. A falta de ênfase nesses aspectos no ensino médio impede que os alunos desenvolvam uma visão crítica sobre o tema, dificultando sua preparação para lidar com situações que envolvam exposição a diferentes tipos de radiação.

Na disciplina de Biologia, os efeitos das radiações ionizantes sobre os organismos vivos também são abordados de maneira superficial. Os currículos geralmente contemplam o estudo da estrutura celular e das mutações genéticas, mas não relacionam esses conceitos com a exposição às radiações. Estudos como o de Okuno e Vilela (2005) demonstram que a radiação ultravioleta pode causar danos ao DNA, aumentando o risco de desenvolvimento de câncer de pele, essa correlação raramente é explorada nos conteúdos curriculares, dificultando a compreensão dos estudantes sobre os impactos reais da exposição à radiação no cotidiano. A falta de conexão entre os conhecimentos biológicos e físicos sobre radiação compromete a formação integral dos alunos e reduz sua capacidade de interpretar os riscos ambientais e ocupacionais relacionados ao tema.

A importância de integrar os conteúdos sobre radiações ionizantes no ensino médio é destacada por Jenkins (2000), que argumenta que a inclusão de temas científicos relevantes no currículo escolar pode aprimorar a capacidade dos estudantes de compreender e aplicar conceitos científicos no dia a dia. Em países como os Estados Unidos e o Reino Unido, a educação em radiações é

frequentemente incorporada às disciplinas de Ciências, permitindo que os alunos desenvolvam um entendimento mais amplo sobre suas aplicações tecnológicas e médicas. A ausência de um enfoque semelhante no Brasil limita a formação dos estudantes e pode resultar em um déficit de conhecimento sobre os princípios da radioproteção e da segurança ocupacional.

A falta de conteúdo específicos sobre os impactos das radiações no currículo do ensino médio também afeta a conscientização sobre práticas de proteção. A exposição inadequada à radiação ionizante pode resultar em sérios danos à saúde, como evidenciado por estudos de Lima et al. (2024), que associam a exposição prolongada à radiação ionizante ao aumento da incidência de cânceres hematológicos, como o mieloma múltiplo. A ausência de orientações sobre proteção radiológica na educação básica pode fazer com que os estudantes não compreendam a necessidade de medidas preventivas, como o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) em contextos ocupacionais e a adoção de práticas seguras em exames médicos que utilizam radiação.

A introdução de conteúdos sobre radiações ionizantes no ensino médio poderia contribuir para a formação de cidadãos mais bem informados e preparados para lidar com as tecnologias que envolvem radiação. O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) e o Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) já desenvolvem ações educativas voltadas para a conscientização sobre radiações, como o projeto "IPEN vai à escola", que busca ensinar estudantes do ensino médio sobre os princípios da radioproteção e os riscos da exposição inadequada à radiação (IPEN, 2024; IRD, 2024). Iniciativas como essa demonstram que há uma demanda por esse conhecimento na educação básica, indicando a necessidade de revisão dos currículos para incluir informações mais aprofundadas sobre os efeitos das radiações.

A análise do currículo do ensino médio evidencia a necessidade de ampliação da abordagem sobre os impactos das radiações ionizantes, considerando os avanços científicos e tecnológicos da área. A inclusão desses conteúdos pode contribuir para a formação de indivíduos mais críticos e conscientes sobre os riscos e benefícios da radiação, promovendo uma educação mais alinhada às demandas da sociedade contemporânea. A reformulação dos currículos escolares, aliada a iniciativas de extensão universitária e programas educativos, pode proporcionar uma aprendizagem mais completa e integrada,

capacitando os estudantes para compreenderem e aplicarem conhecimentos sobre radiação de maneira responsável e segura.

5.2 Identificação de Lacunas nos Currículos de Física e Biologia Relacionadas ao Ensino das Radiações e Seus Efeitos

O ensino das radiações ionizantes no ensino médio enfrenta desafios significativos devido à presença de lacunas nos currículos de física e biologia. Lucena et al. (2017) identificaram que a abordagem sobre radiação nos livros didáticos é limitada e, muitas vezes, desatualizada. O foco dos conteúdos recai sobre a definição dos diferentes tipos de radiação e seus princípios físicos, sem explorar de maneira aprofundada seus efeitos biológicos e as implicações para a saúde humana. A limitação compromete a compreensão dos alunos e gera desinteresse pelo tema, pois os conteúdos são apresentados de maneira abstrata e desconectada da realidade.

Fiuza (2016) e Furtado (2017) destacam que a biologia, em especial, deveria aprofundar os estudos sobre os impactos das radiações no organismo humano. A proteção radiológica, os efeitos da radiação no DNA e as possíveis mutações genéticas decorrentes da exposição a altas doses são temas que poderiam ser explorados de maneira mais sistemática nas aulas. A ausência desses conteúdos nos currículos escolares contribui para a disseminação de mitos e informações incorretas sobre a radiação, o que pode gerar tanto medo exagerado quanto subestimação dos riscos reais.

Anselmo (2016) reforça que o conhecimento da população sobre os efeitos da radiação ainda é precário, em parte devido à maneira como o tema é tratado no ensino médio. Muitos estudantes concluem essa etapa da educação sem saber diferenciar radiação ionizante e não ionizante ou compreender os riscos associados à exposição prolongada a determinados tipos de radiação. A falta de conhecimento pode ter consequências graves, pois impede que os indivíduos adotem medidas de proteção adequadas, como o uso de protetores radiológicos em exames médicos e a limitação da exposição a dispositivos emissores de radiação.

Melo e Vicente (2022) analisam como programas de iniciação científica podem minimizar essas lacunas e oferecer aos estudantes uma formação mais

abrangente sobre radiações. A pesquisa realizada no IPEN mostra que, ao participarem de projetos experimentais, os alunos demonstram um maior nível de compreensão sobre os efeitos das radiações na saúde e na tecnologia, esses programas ainda são restritos a um pequeno grupo de estudantes, tornando necessário um esforço maior para que essas iniciativas sejam ampliadas e integradas ao currículo formal do ensino médio.

Embora os conteúdos sobre ondas eletromagnéticas e estrutura celular estejam presentes nas diretrizes curriculares, a interconexão entre esses temas e os riscos associados à exposição às radiações não é devidamente explorada. Segundo McNeil (2001), um currículo eficaz deve ser estruturado de forma a integrar conhecimentos relevantes para a vida cotidiana e a sociedade, preparando os estudantes para lidar com desafios científicos e tecnológicos. A falta de uma abordagem mais detalhada sobre os efeitos das radiações impede que os alunos compreendam plenamente suas aplicações, riscos e benefícios, limitando sua formação científica e crítica.

No ensino de Física, os conceitos de ondas eletromagnéticas são abordados de maneira generalista, muitas vezes sem considerar as diferenças entre as radiações ionizantes e suas interações com a matéria biológica. A BNCC prevê a introdução de conceitos como frequência, comprimento de onda e espectro eletromagnético, mas não estabelece a necessidade de relacionar esses conteúdos com a saúde humana ou a proteção radiológica. Augusto (2009) destacam que a radiação ionizante pode causar danos celulares. A ausência dessa contextualização no ensino médio limita a compreensão dos estudantes sobre os efeitos dessas radiações e suas aplicações na medicina, na indústria e no meio ambiente.

A disciplina de Biologia, por sua vez, explora a estrutura e o funcionamento das células, mas raramente estabelece conexões entre os efeitos da radiação e as mutações genéticas ou danos celulares. Okuno e Vilela (2005) apontam que a exposição à radiação ultravioleta pode induzir mutações no DNA, resultando em um aumento no risco de câncer, esses conhecimentos são tratados de forma isolada no currículo, sem a devida interligação com os conceitos físicos que explicam a interação das radiações com os tecidos biológicos. A fragmentação do ensino compromete a formação integral dos estudantes e impede que compreendam a relevância da proteção radiológica em diferentes contextos.

A falta de conteúdo específicos sobre proteção contra as radiações nos currículos de Física e Biologia representa uma falha na formação científica dos alunos. A exposição inadequada à radiação ionizante pode gerar efeitos estocásticos e determinísticos, incluindo o desenvolvimento de câncer e outras doenças degenerativas, como demonstrado por Lima et al. (2024), que identificaram uma correlação entre a exposição prolongada à radiação e o aumento da incidência de mieloma múltiplo. A ausência de diretrizes claras sobre medidas de segurança e controle da exposição pode resultar em uma percepção equivocada sobre a segurança das radiações, levando à adoção de comportamentos inadequados em relação a exames médicos, fontes industriais e exposição solar.

Jenkins (2000) argumenta que a integração de conteúdos científicos no ensino médio deve estar alinhada às necessidades sociais e tecnológicas da atualidade, a ausência dessa ênfase no currículo pode comprometer a formação de futuros profissionais da área da saúde e da engenharia, além de dificultar a disseminação do conhecimento sobre práticas de segurança e proteção radiológica.

A revisão das diretrizes curriculares também evidencia a necessidade de atualização dos conteúdos de Física e Biologia para incluir novas descobertas científicas e desafios contemporâneos relacionados à radiação. A BNCC estabelece a importância do desenvolvimento de habilidades investigativas nos alunos, incentivando a formulação de hipóteses e a experimentação científica, a falta de atividades práticas e estudos de caso sobre os efeitos das radiações reduz a capacidade dos estudantes de aplicar esses conhecimentos na vida real. Segundo Cavalcante e Elali (2011), uma educação científica de qualidade deve estimular o pensamento crítico e a capacidade de análise, permitindo que os estudantes avaliem os riscos e benefícios das tecnologias baseadas em radiação.

A inclusão de tópicos sobre proteção radiológica e efeitos biológicos das radiações nos currículos de Física e Biologia poderia contribuir para uma formação mais completa dos alunos. O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) e o Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) desenvolvem ações educativas para conscientizar a população sobre os impactos das radiações ionizantes, evidenciando a necessidade de disseminação desse conhecimento desde a educação básica (IPEN, 2024; IRD, 2024). A incorporação de atividades didáticas que relacionem a física das radiações com suas consequências biológicas poderia

melhorar a compreensão dos estudantes e incentivá-los a adotar comportamentos preventivos em relação à exposição desnecessária.

As lacunas nos currículos de Física e Biologia quanto ao ensino das radiações ionizantes reforçam a necessidade de revisão dos conteúdos escolares para uma abordagem mais integrada e contextualizada. A interligação entre os conceitos físicos e biológicos pode proporcionar uma compreensão mais ampla dos impactos da radiação, permitindo que os alunos desenvolvam um pensamento científico crítico e sejam capazes de tomar decisões informadas sobre sua exposição a essas radiações, a inserção desse tema pode despertar o interesse dos estudantes por áreas científicas e tecnológicas, incentivando a formação de futuros profissionais capacitados para atuar na proteção radiológica e na pesquisa sobre os efeitos das radiações na saúde humana.

5.3 Física e Biologia Relacionadas ao Ensino das Radiações e Seus Efeitos

A relação entre física e biologia no ensino das radiações ionizantes é fundamental para garantir uma compreensão mais ampla dos seus impactos na saúde humana e no meio ambiente. Lucena et al. (2017) ressaltam que, apesar da importância do tema, os currículos de física e biologia raramente dialogam entre si. Enquanto a física trata a radiação do ponto de vista das ondas e partículas, a biologia raramente explora os efeitos celulares e moleculares das radiações ionizantes. A fragmentação dificulta a formação de uma visão integrada sobre o tema, essencial para que os alunos compreendam as interações da radiação com os sistemas biológicos.

Fiuza (2016) e Furtado (2017) reforçam que a abordagem integrada entre física e biologia também poderia incluir debates sobre temas como o impacto das radiações na medicina, os avanços tecnológicos no uso de radiações para diagnóstico e tratamento, e a regulamentação da exposição a diferentes tipos de radiação. A inserção desses tópicos no ensino médio contribuiria para a formação de cidadãos mais conscientes e preparados para lidar com as questões relacionadas ao uso da radiação na sociedade moderna, promovendo uma educação científica mais ampla e aplicada à realidade.

Anselmo (2016) aponta que a interdisciplinaridade entre física e biologia poderia tornar o ensino das radiações mais significativo e aplicável ao cotidiano dos

estudantes. A exposição excessiva a radiações ionizantes pode causar danos ao DNA, provocar mutações e aumentar o risco de câncer, temas que deveriam ser trabalhados conjuntamente nessas disciplinas, a radiação não ionizante, amplamente presente em tecnologias como micro-ondas e redes sem fio, poderia ser analisada do ponto de vista dos possíveis efeitos biológicos, como o aquecimento de tecidos.

Melo e Vicente (2022) destacam que, ao integrar os conhecimentos da física e da biologia, os alunos podem compreender melhor a importância da proteção radiológica. O estudo realizado no IPEN revelou que, quando os estudantes são expostos a experimentos envolvendo detecção e medição de radiação, eles demonstram maior conscientização sobre os riscos da exposição prolongada a fontes radioativas. Além disso, a abordagem prática do tema possibilita que os alunos compreendam os princípios da segurança radiológica e a necessidade de regulamentações específicas para o uso da radiação na indústria e na medicina.

McNeil (2001) argumenta que o currículo escolar deve servir como um meio de preparar os estudantes para compreender fenômenos científicos em seu cotidiano e capacitá-los para decisões informadas, a falta de uma interseção entre os conceitos físicos das radiações e seus impactos biológicos representa uma lacuna que limita a compreensão dos alunos sobre os riscos e benefícios da exposição à radiação.

No ensino de Física, os currículos frequentemente abordam a radiação eletromagnética no contexto das ondas, discutindo suas propriedades como frequência, comprimento de onda e espectro eletromagnético, a distinção entre radiações ionizantes e suas respectivas interações com a matéria não é enfatizada. Augusto (2009) destaca que as radiações ionizantes possuem energia suficiente para remover elétrons dos átomos, gerando íons e podendo causar danos celulares severos. A ausência dessa abordagem no ensino médio impede que os estudantes compreendam plenamente as implicações da exposição à radiação em diferentes contextos, desde exames médicos até a exposição ambiental ao sol.

A Biologia trata da estrutura celular e dos processos de replicação e mutação do DNA, mas sem correlacionar esses conceitos com a ação da radiação ionizante. Segundo Okuno e Vilela (2005), a exposição prolongada à radiação ultravioleta pode induzir mutações genéticas que aumentam o risco de desenvolvimento de câncer de pele, demonstrando a importância de educar sobre fotoproteção, essa

relação entre a física da radiação e seus efeitos biológicos não é enfatizada no currículo, resultando em uma formação fragmentada dos estudantes. O ensino dessas disciplinas de maneira isolada dificulta a construção de uma compreensão interdisciplinar essencial para a avaliação crítica dos riscos da radiação.

A ausência de conteúdos sobre proteção radiológica e normas de segurança também representa uma lacuna na formação dos estudantes. A exposição inadequada a fontes de radiação ionizante pode causar efeitos estocásticos, como o desenvolvimento de câncer, ou determinísticos, como queimaduras e necrose tecidual (Lima et al., 2024), os currículos não incluem diretrizes sobre medidas de segurança, como o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e limites de exposição recomendados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Sem esse conhecimento, os alunos podem subestimar os riscos da radiação e não desenvolver comportamentos preventivos em situações cotidianas e profissionais que envolvem exposição a fontes radiológicas.

Em comparação com outros países, a abordagem sobre as radiações ionizantes no currículo brasileiro ainda é limitada. Jenkins (2000) aponta que, em sistemas educacionais como o dos Estados Unidos e do Reino Unido, os efeitos da radiação são integrados ao ensino de Ciências, permitindo que os alunos compreendam melhor sua aplicação em diagnósticos médicos, segurança ocupacional e impactos ambientais. No Brasil, a fragmentação dos conteúdos impede que os estudantes desenvolvam uma visão sistêmica da radiação e seus efeitos, o que pode prejudicar sua capacidade de avaliar criticamente informações sobre o tema e tomar decisões informadas sobre sua exposição.

A BNCC estabelece diretrizes para o desenvolvimento do pensamento científico e da capacidade analítica dos alunos, mas não exige que a inter-relação entre Física e Biologia no estudo das radiações seja explorada de maneira aprofundada. Cavalcante e Elali (2011) argumentam que a educação científica deve promover a conexão entre conhecimentos para estimular a compreensão dos fenômenos naturais e suas implicações sociais. A falta dessa integração no ensino médio reduz o potencial de aprendizagem dos estudantes e dificulta a aplicação dos conceitos estudados em situações reais, como a escolha de exames radiológicos ou a adoção de medidas de proteção contra a exposição excessiva ao sol.

A revisão dos currículos de Física e Biologia também revela a necessidade de metodologias mais eficazes para abordar o ensino das radiações e seus efeitos.

O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) e o Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) realizam projetos educativos voltados para a conscientização sobre radiações ionizantes, demonstrando que há demanda para essa temática no ensino básico (IPEN, 2024; IRD, 2024). A implementação de atividades experimentais, simulações e estudos de caso poderia contribuir para uma compreensão mais profunda dos impactos das radiações e incentivar o aprendizado ativo dos alunos.

A identificação das lacunas nos currículos de Física e Biologia reforça a necessidade de uma abordagem mais integrada e contextualizada sobre as radiações ionizantes no ensino médio. A inclusão de conteúdos sobre os efeitos biológicos da radiação e as medidas de proteção radiológica pode melhorar a formação científica dos estudantes e prepará-los para lidar com os desafios tecnológicos e ambientais relacionados ao tema. A reformulação curricular e o desenvolvimento de materiais didáticos interdisciplinares podem contribuir para uma educação mais completa e alinhada às demandas da sociedade contemporânea, garantindo que os alunos adquiram conhecimentos essenciais para sua saúde e segurança.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada sobre os impactos das radiações ionizantes nos seres humanos evidenciou a necessidade de maior aprofundamento desse tema no ensino médio, apesar de os currículos de Física e Biologia abordarem conceitos fundamentais sobre ondas eletromagnéticas e estrutura celular, há uma lacuna na interligação desses conhecimentos com os efeitos das radiações sobre a saúde e a importância da proteção radiológica. A ausência de conteúdos específicos sobre a interação das radiações com o organismo humano compromete a formação científica dos estudantes, dificultando sua capacidade de compreender os riscos e benefícios associados à exposição a essas fontes.

Embora existam poucos artigos na literatura sobre o tema, os resultados da pesquisa indicam que a inclusão de informações detalhadas sobre os efeitos biológicos das radiações no ensino médio pode contribuir significativamente para o desenvolvimento de uma educação mais crítica e consciente. No entanto, a fragmentação dos conteúdos nas disciplinas analisadas dificulta que os alunos compreendam a importância da proteção contra radiações ionizantes, prejudicando sua formação para tomar decisões informadas em contextos cotidianos e profissionais. Além disso, a ausência de instrução sobre normas de segurança, riscos ocupacionais e medidas preventivas destaca a necessidade urgente de reformular o currículo, tornando o ensino sobre radiações mais acessível e relevante para os estudantes.

A revisão dos estudos científicos revelou a existência de evidências concretas sobre os impactos adversos da exposição às radiações ionizantes, especialmente em contextos médicos e ocupacionais. A integração desses conhecimentos ao ensino médio pode promover a adoção de hábitos preventivos e estimular uma maior compreensão sobre as aplicações da radiação na sociedade, incluindo seus benefícios na área da saúde e da tecnologia.

A identificação de lacunas nos currículos reforça a importância de abordagens interdisciplinares no ensino das ciências, permitindo que os estudantes compreendam os fenômenos físicos e biológicos de forma integrada. O ensino das radiações ionizantes deve ser estruturado de maneira que os alunos consigam correlacionar conceitos teóricos com sua aplicabilidade no cotidiano, desenvolvendo

um pensamento crítico sobre as implicações da exposição às radiações em diferentes contextos. A adoção de metodologias ativas de ensino, como experimentos, estudos de caso e atividades práticas, pode favorecer a assimilação desses conteúdos e tornar o aprendizado mais dinâmico e eficaz.

A reformulação do currículo escolar para incluir o ensino sobre os impactos das radiações ionizantes contribuiria para a formação de cidadãos mais informados e responsáveis. A educação científica desempenha um papel essencial na capacitação dos estudantes para lidarem com desafios tecnológicos e ambientais, garantindo que possuam conhecimentos suficientes para avaliar riscos e benefícios da exposição à radiação. A inserção desse tema nas disciplinas de Física e Biologia pode fortalecer a alfabetização científica e proporcionar um aprendizado, com impactos positivos na saúde e na segurança da população.

A necessidade de atualização das diretrizes educacionais para contemplar os avanços científicos e tecnológicos relacionados às radiações foi evidenciada ao longo do estudo. A implementação de novas abordagens pedagógicas pode contribuir para a construção de uma cultura de proteção radiológica desde a educação básica, preparando os alunos para compreenderem melhor os desafios e oportunidades relacionados ao uso das radiações na sociedade.

O estudo cumpriu o objetivo de identificar as lacunas existentes nos currículos do ensino médio e demonstrar a relevância da inserção dos conhecimentos sobre radiações ionizantes no contexto escolar. A revisão sistemática realizada permitiu a análise de diferentes perspectivas sobre os impactos das radiações, ressaltando a importância da educação na construção de uma sociedade mais consciente e preparada para lidar com os avanços científicos e seus desafios. Dessa forma, a ampliação do ensino sobre as radiações pode ser vista como uma estratégia fundamental para a promoção da saúde, da segurança e do desenvolvimento do pensamento crítico entre os estudantes.

Recomenda-se ainda para que a pesquisa tenha um avanço à necessidade de iniciativas de extensão universitária voltadas para a disseminação do conhecimento sobre proteção radiológica, como forma de suprir as deficiências do ensino médio nessa área. Programas educativos e parcerias entre instituições de ensino superior e escolas podem contribuir para ampliar a conscientização sobre os efeitos das radiações, promovendo uma formação mais abrangente e preparando os estudantes para futuras decisões acadêmicas e profissionais.

REFERÊNCIAS

ANSELMO, Jeovani Cleiton. **Sobre o ensino de radiações ionizantes**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Plena em Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Natal Central, Natal, 2016.

ANVISA. **RDC 611/2022** ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 611, de 26 de fevereiro de 2019. Dispõe sobre os requisitos mínimos para o funcionamento dos serviços de radiologia diagnóstica e intervencionista, radioterapia e medicina nuclear, visando à proteção radiológica dos pacientes, dos profissionais e do público em geral. Brasília, DF: ANVISA, 2019. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/5707565/RDC_611_2019_.pdf/909c5d2d-7d8a-493c-8b30-96311e2f376f. Acesso em: 16 jun. 2024.

AUGUSTO, João de Vianey. **Conceitos básicos de física e proteção radiológica**. São Paulo: Atheneu, 2009. 209 p., il. ISBN 9788573793611. Disponível em:http://cs.ifsc.edu.br/portal/files/FPOLIS_MESTRADO_PROTE%C3%87%C3%83O_RADIOLOGICA_PPC_997.pdf. Acesso em: 26 jun. 2023.

BEZERRA, Antônio Luiz Moreira. **Câncer de pele deve atingir 185,6 mil brasileiros em 2022.** 2022. Disponível em: https://www.al.pi.leg.br/tv/noticias-tv-1/cancer-de-pele-deve-atingir-185-6-mil-brasileiros-em-2022#:~:text=O%20Inca%20registrou%2C%20em%202020, diagnósticos%20de%20câncer%20no%20Brasil. Acesso em: 23 jun. 2023.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 25 jun. 2023.

BRASIL. Constituição (1996). **Lei Nº 9.394, de 20 de Dezembro de 1996**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 25 jun. 2023.

BRASIL. Constituição (2014). **Lei Nº 13.005, de 25 de Junho de 2014.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/l13005.htm. Acesso em: 25 jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC n° 69, de 23 de março de 2016.** Brasília, 23 mar. 2016. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 25 jun. 2023.

BROWN, G. E.; THOMPSON, R. Incorporating Radiation Physics into High School Curricula: An International Perspective. **Physics Education**, v. 50, n. 4, p. 400-406, 2015.

CAVALCANTE, Sylvia; ELALI, Gleice A. **Temas básicos em psicologia ambiental**. Petrópolis: Vozes, 2011. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7611932/mod_resource/content/1/Apego%20ao%20lugar.pdf. Acesso em: 23 jun. 2023.

D'ARRIGO, Natalia Cusano *et al.* **Fotoproteção na prática clínica.** 2013. Disponível em: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/03/880503/fotoprotecao-na-pratica-clinica.pdf. Acesso em: 26 jun. 2023.

DIMENSTEIN, Renato. HORNOS, Yvone M. Mascarenhas. **Manual de proteção radiológica aplicada ao radiodiagnóstico.** 2.ed. São Paulo: Senac, 2004. 86 p. il.

FIUZA, Graciela Sasso. Radiações ionizantes e radiações não ionizantes no ensino médio. 2016. Dissertação de Mestrado.

FURTADO, Liliane Pereira. Radiação eletromagnética e Radioatividade: uma abordagem em aulas de Química do Ensino Médio em busca da (re) significação do conhecimento dos alunos. 2017.

GOMES, Francisco Antonio Ribeiro. **Projeto e construção de um castelo de chumbo para proteção radiológica**. 2019. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/50386. Acesso em: 26 jun. 2023.

GONZÁLEZ S, Fernández-Lorente M, GILABERTE-Calzada Y. **The latest on skin photoprotection.** Clin Dermatol. 2008. doi: 10.1016/j.clindermatol.2007.09.010. PMID: 18940542. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0738081X07001940?casa_token=HMp3O0ngToIAAAAA:K8RP4gx0teADdzju5VXYNFfzeqEHkMAuN7AdMcc_3IA0TQz6tvZQzE6yilAULEKs8LbMJaVliv9c. Acesso em: 26 jun. 2023.

ICEP. **The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.** ICRP Publication 103. Ann ICRP. 2007.

INCA. **Ambiente, trabalho e câncer: aspectos epidemiológicos, toxicológicos e regulatórios.** Rio de Janeiro, 2021.

INCA. **Exposição à radiação.** 2022. Disponível em: https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-a-radiacao#:~:text=As%20radiações%20ionizantes%20são%20aquelas,e%20evitáveis%20(não%20naturais). Acesso em: 23 jun. 2023.

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES. **Atividades virtuais na 14ª**. Edição do IPEN de Portas Abertas. Disponível em: https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?campo=15238&secao_id=38. Acesso em: 25 jun. 2023.

INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA. **Curso de Fundamentos em Radioproteção e Metrologia.** Disponível em:

https://moodle.ird.gov.br/ensino/index.php/fundamentos-radioprotecao-metrologia. Acesso em: Acesso em: 25 jun. 2023.

JENKINS, E. W. **Science Education in Europe: Issues and Trends**. Journal of Science Education, v. 24, n. 2, p. 121-132, 2000. Disponível em: https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/bae53054-c26c-4c9f-8366-5f95e2187634. Acesso em: 3 jul. 2024.

LIMA, Abílio Alberto Machado. **As radiações no ensino básico e secundário**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra (Portugal).

LIMA, E. C.; FONTANA, I. C.; SANTOS, L.; SOUZA, M. S. **Estudo sobre o perfil sociodemográfico de pacientes com mieloma múltiplo em um hospital de grande porte do Rio Grande do Sul.** ScienceDirect, 2024.

LUCENA, Eder Augusto et al. **Radiação ionizante, energia nuclear e proteção radiológica para a escola**. Brazilian Journal of Radiation Sciences, v. 5, n. 1, 2017.

MCNEIL, John. **O currículo acadêmico.** Tradução de José Camilo dos Santos Filho. Campinas: editora, 2001. Disponível em:https://lagarto.ufs.br/uploads/content_attach/path/11339/curriculo_e_educacao_0.pdf Acesso em: 25 jun. 2023.

MELO, Fernando Bastos de. V**iabilidade de implementação de Iniciação Científica Júnior no IPEN**. 2022.

MOAN, Johan et al. **Solar radiation, vitamin D and survival rate of colon cancer in Norway**. Journal of photochemistry and photobiology. *B,* Biology, mar. 2005. Elsevier BV: 10.1016/j.jphotobiol.2004.11.004

MOURA, E. M. **CONSCIENTIZAÇÃO DOS HÁBITOS DE FOTOPROTEÇÃO E OS FATORES DE RISCO PARA O DESENVOLVIMENTO DO CÂNCER DE PELE: UMA REVISÃO DE LITERATURA.** Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Faculdade Integrada de Pernambuco. Recife, 2015. https://openrit.grupotiradentes.com/xmlui/handle/set/2792

OKUNO, Emico e VILELA, Maria Aparecida Constantino. **Radiação ultravioleta: características e efeitos**. . São Paulo: Editora Livraria da Física., 2005. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=D5s-OqzInikC&oi=fnd&pg=PA36&dq=OKUNO,+Emico+e+VILELA,+Maria+Aparecida+Constantino.+Radia%C3%A7%C3%A3o+ultravioleta:+caracter%C3%ADsticas+e+efeitos.+.+S%C3%A3o+Paulo:+Editora+Livraria+da+F%C3%ADsica.,+2005.+Acesso+em:+23+jun.+2023.&ots=njj2J-xWoX&sig=1a2hh6tFeYeDbaSAfpqVSUjZu_k#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 23 jun. 2023.

PAULA, Marcos Vinicius Queiroz de; TAUHATA, Luiz. **Manual de radioproteção radiodiagnóstico intra-bucal.** Juiz de Fora: Ed.da UFJF, 2005. v. 1. 89 p., il. ISBN 85-85252-98-7.

RIBEIRO, Edson Leite; PESSOA, Marta Bulcão. **Os efeitos da radiação eletromagnética na vida do ser humano: uma análise do paradigma ambiental.** 2007. Disponível em: https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/download/2502/1616#:~:text=A%20Radiaçã o%20Não%2DIo nizante%20pode,nervoso%20central%20(alteração%20biológica).. Acesso em: 24 jun. 2023.

SAE. **Currículo escolar: o que é e qual a sua importância?** 2023. Disponível em: https://sae.digital/curriculo-escolar/. Acesso em: 25 jun. 2023.

SANTOS, Victor. **Radioatividade - 2ª parte.** 2020. Disponível em: https://www.ufrgs.br/colegiodeaplicacao/wp-content/uploads/2020/06/RADIOATIVIDADE-–-2ª-PARTE 1_removed.pdf. Acesso em: 25 jun. 2023.

SILVA, Tomaz Tadeu da. **Identidades terminais: as transformações na política da pedagogia e na pedagogia da política**. Petrópolis: Vozes, 1996. ISBN: 8532616763, 9788532616760.

UNICENTRO. **Relação da Radiação com o Forno Micro-ondas.** 2021. Disponível em: https://www3.unicentro.br/petfisica/2021/10/07/relacao-da-radiacao-com-o-forno-micro-ondas/#. Acesso em: 25 jun. 2023.

XAVIER, Ana Maria; MORO, José Tullio; HEILBRON, Paulo Fernando. **Princípios básicos de segurança e proteção radiológica.** 2006. Disponível em: https://www.gov.br/cnen/pt-br/acesso-rapido/centro-de-informacoes-nucleares/material-didatico-1/princ ipios-basicos-de-seguranca-e-protecao-radiologica-terceira-edicao-revisada.pdf. Acesso em: 26 jun. 2023.