



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA CURSO  
DE CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

**JUCILANE ALVES DOS SANTOS**

**ABORDAGEM EXTERNALISTA DO ESTUDO DA RADIOATIVIDADE: UMA  
REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA EM HISTÓRIA DA CIÊNCIA**

**CAJAZEIRAS –  
PB 2023**

**JUCILANE ALVES DOS SANTOS**

**ABORDAGEM EXTERNALISTA DO ESTUDO DA RADIOATIVIDADE: UMA  
REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA EM HISTÓRIA DA CIÊNCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Física – Licenciatura da  
UACEN/CFP/UFCG, como requisito parcial para  
obtenção do título de Licenciada em Física.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo de Alencar

Figueiredo. Co-orientador: Jefferson Antônio

Marques

**CAJAZEIRAS – PB**

**2023**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação -(CIP)

S237a Santos, Jucilane Alves dos.  
Abordagem externalista do estudo da radioatividade: uma revisão sistemática da literatura em História da Ciência / Jucilane Alves dos Santos. – Cajazeiras, 2023.  
53f. : il.  
Bibliografia.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo de Alencar Figueiredo.  
Coorientador: Prof. Esp. Jefferson Antônio Marques.  
Monografia (Licenciatura em Física) UFCG/CFP, 2023.

1. Radioatividade. 2. História da Ciência. 3. Ensino de Física. 4. Análise Sistemática da Literatura. I. Figueiredo, Gustavo de Alencar. II. Marques, Jefferson Antônio. III. Título.

UFCG/CFP/BS

CDU – 539.16

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Denize Santos Saraiva Lourenço CRB/15-046

## BANCA AVALIADORA

Documento assinado digitalmente  
 **GUSTAVO DE ALENCAR FIGUEIREDO**  
Data: 22/12/2023 00:21:30-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

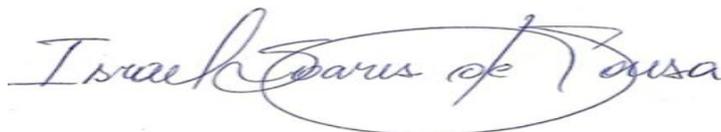
---

**Prof. Dr. Gustavo de Alencar de Figueiredo**  
UACEN/CFP/UFCG (Orientador e Presidente)

Documento assinado digitalmente  
 **JEFFERSON ANTONIO MARQUES**  
Data: 23/12/2023 22:04:17-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

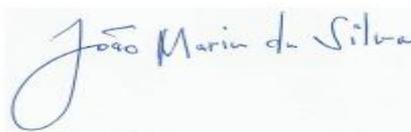
---

**Esp. Jefferson Antônio Marques**  
UACEN/CFP/UFCG (Coorientador)



---

**Prof. Dr. Israel Soares de Sousa**  
UACS/CFP/UFCG (Membro Avaliador Externo)



---

**Prof. Dr. João Maria da Silva**  
UACEN/CFP/UFCG (Membro Avaliador Interno)

Aprovado em 01/12/2023

*“O cientista  
deve preocupar-se em compreender o  
mundo e ampliar a precisão e o  
alcance da ordem que lhe foi  
imposta.”*

(T. Kuhn)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, em primeiro lugar, pois na ausência da minha força e de perseverança eu me apeguei a Ele através das minhas orações, é através do senhor meu Deus que consigo levantar e prosseguir, para todo sempre. Com Ele sinto que posso caminhar sem medo, pois Ele me guia e me guarda. Sou apenas uma humana imperfeita e frágil, mas com o Senhor ao meu lado acredito poder fazer e conquistar o que eu quiser, pois Ele está comigo.

A minha mãe, Francisca Alves dos Santos, que mesmo diante das dificuldades pôs os meus estudos e minha educação em primeiro lugar, me incentivou e me ensinou a ser uma mulher forte e de coragem, sempre me incentivou ir em buscas dos meus sonhos, mesmo sendo uma dona de casa simples que por muito tempo trabalhou em casas de família exercendo a função de secretária do lar, criou a mim e meus irmãos com valores imensuráveis. Hoje aos 56 anos, está aposentada, mas segue cuidando de sua família com afinco.

Ao meu pai, João Araújo dos Santos, um homem simples da roça que sabe apenas assinar seu nome, que mesmo com suas mãos calejadas soube educar e dar carinho a todos os seus filhos, meu pai não é meu herói, ele é meu exemplo de homem.

As minhas queridas irmãs mais velhas, Jucianne Alves dos Santos e Maria de Fátima Alves dos Santos, mulheres incríveis que são um exemplo, que mesmo diante das adversidades nunca desistiram de nada, me apoiaram em todos os momentos e em todas as minhas decisões. Agradeço a ela pelas inúmeras vezes que me buscavam na escola, brigavam comigo pelas notas baixas e sempre me diziam que eu poderia alcançar o que quisesse. Ao meu irmão, Jenilson Alves dos Santos, que mesmo de longe sempre me apoiou e se preocupou comigo.

Não poderia deixar de mencionar meus quatro sobrinhos, Anna Livya Alves Pinheiro, Nicolas Gabriel Alves Pinheiro, Cauã Alves Monteiro e Maria Louise Alves Monteiro, meus amores, crianças incríveis que fazem meus dias mais divertidos e floridos. Juro a vocês que vou tentar sempre dar orgulho e ser a melhor tia que vocês merecem.

Ao meu cunhado, Claudio W. Pinheiro Beserra, um homem dedicado, bom e

honesto, que sempre busca oferecer o melhor para a sua família e que me recebeu em sua casa de braços abertos, lhe agradeço imensamente por isso, mesmo vindo de família humilde, não parou com suas metas e sonhos, hoje vive uma vida confortável e oferece isso a minha irmã e aos meus sobrinhos. Você é o exemplo de um homem incrível.

Ao “sexteto”, grupo de amigos que se tornou família, tantos momentos memoráveis que vivemos, o curso nos forneceu um encontro maravilhoso, qual tenho o prazer de fazer parte, Graziela Ribeiro Lopes, Guilherme Angelo, George Dias Alves, Jeferson Santana e Karla Claudino, obrigada por fazer parte da minha vida. Passamos por tantas coisas juntos e fomos superando cada uma delas, com afinco fomos avançando no curso, sempre um apoiando o outro, o nosso lema é ninguém larga a mão de ninguém. Vocês tornaram os momentos tristes e sombrios mais leves, e no momento que mais precisei vocês estavam comigo. Eu amo vocês! Aos meus amigos Raniel Anderson, Daniele Braga e Suanny Marina, obrigada por serem amigos incríveis, em particular Raniel Anderson que foi meu parceiro de listas e na hora de tirar dúvidas, você é um ótimo professor e amigo que Deus lhe abençoe sempre. Aos meus amigos, Janielio de Freitas e Aline de Sousa, vocês tornaram minhas noites mais alegres e menos densas, sempre arrancando risadas inesperadas, se ajudando nas listas e no que viesse pela frente. Vocês são incríveis, obrigada por me incluir no seu ciclo de amizades.

Aos professores do curso, que contribuíram para a minha formação acadêmica e pessoal. Em especial, o professor Dr. Gustavo Alencar de Figueiredo, por ter me incentivado a fazer uma pesquisa um método tecnicamente novo e que não é usado na geralmente na área da Física, por ter me ensinado durante o PIBID, valores que não agregou somente na vida acadêmica, mas também na vida pessoal.

Aos professores que tive o prazer de ser aluna Dr. João Maria, Dr. Douglas Fregolente e a Dr.<sup>a</sup> Mirleide Dantas Lopes, foram pessoas incríveis e profissionais excelentes que despertaram em mim ainda mais o prazer de estudar Física e seus fascínios. Em particular, a Dr.<sup>a</sup> Mirleide Dantas Lopes, que não foi apenas uma professora e orientadora de pesquisas, mas se tornou mais um referencial e exemplo de mulher. Ao meu co-orientador Jefferson Antônio Marques, que se tornou uma pessoa importante pra mim e que admiro, além disso através de suas orientações, evolui em muitos aspectos enquanto discente e como ser humano

também.

E aos demais que me ajudaram de forma direta ou indiretamente durante a minha caminhada rumo a graduação.

O cientista deve preocupar-se em compreender o mundo e ampliar a precisão e o alcance da ordem que lhe foi imposta.

Thomas Kuhn

## RESUMO

O presente trabalho se propôs a realizar uma Revisão Sistemática de Literatura, investigando artigos publicados nos últimos dez anos (2013 a 2023) que abordassem temáticas sobre Radioatividade, História da Ciência e Ensino de Física. Inicialmente, identificamos 108 artigos, denominados como achados, os quais foram submetidos ao processo de revisão sistemática, seguindo as etapas de identificação, seleção, avaliação e síntese de evidências relevantes disponíveis. A busca foi conduzida em plataformas renomadas, como Google Acadêmico, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Revista Brasileira de Ensino de Física e a Revista Brasileira de História da Ciência. Após filtrações, restaram 10 achados que foram submetidos a resenhas detalhadas e ao cruzamento de ideias para identificação de similaridades entre eles. Os resultados destacaram que alguns achados apresentavam discussões convergentes, sugerindo uma possível congruência de ideias na literatura científica sobre os temas abordados. Adicionalmente, observamos que alguns estudos utilizaram o método de Análise Sistemática de Literatura em suas pesquisas, indicando uma crescente aceitação e adoção desse método na comunidade científica. A constatação de discussões semelhantes entre os achados reforça a importância e relevância dos temas abordados, enquanto o uso crescente da Análise Sistemática de Literatura destaca a sua contribuição metodológica para a pesquisa científica. Este trabalho, portanto, proporciona uma visão consolidada das tendências e convergências presentes na literatura recente sobre Radioatividade, História da Ciência e Ensino de Física, contribuindo para o avanço do conhecimento nessas áreas interdisciplinares.

**Palavras-chave:** Radioatividade; História da Ciência; Ensino de física; Análise Sistemática da Literatura

## **ABSTRACT**

This study aimed to conduct a Systematic Literature Review, investigating articles published in the last ten years (2013 to 2023) that addressed the themes of Radioactivity, History of Science, and Physics Teaching. Initially, 108 articles were identified, referred to as findings, which underwent the systematic review process, following the steps of identification, selection, evaluation, and synthesis of relevant available evidence. The search was carried out on reputable platforms such as Google Scholar, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Revista Brasileira de Ensino de Física, and Revista Brasileira de História da Ciência. After filtering, 10 findings remained, which underwent detailed reviews and the cross-referencing of ideas to identify similarities among them. The results highlighted that some findings presented convergent discussions, suggesting a possible congruence of ideas in the scientific literature on the addressed topics. Additionally, it was observed that some studies utilized the Systematic Literature Review method in their research, indicating a growing acceptance and adoption of this method in the scientific community. The observation of similar discussions among the findings reinforces the importance and relevance of the addressed topics, while the increasing use of Systematic Literature Review underscores its methodological contribution to scientific research. Therefore, this work provides a consolidated view of the trends and convergences present in recent literature on Radioactivity, History of Science, and Physics Teaching, contributing to the advancement of knowledge in these interdisciplinary areas.

**Keywords:** Radioactivity; History of Science; Physics Teaching; Systematic Literature Review.

## LISTA DE ABREVIações

CBEF- Caderno Brasileiro de Ensino de Física  
CTSA- Ciência, Tecnologia, Sociedade Ambiente  
DCN- Diretrizes Curriculares Nacionais  
FMC- Física Moderna e Contemporânea  
HC- História da Ciência  
HFC- História e Filosofia da Ciência  
PIBID- Programa Oferece Bolsas De Iniciação À Docência  
PNC+- Plano Nacional de Cultura  
PROBEX- Programa de Bolsas de Extensão  
RBHC- Revista Brasileira de História da Ciência  
SBF- Sociedade Brasileira de Física



Tabela 1- filtro 001- análise de títulos

Tabela 2- filtro 002- categoria

palavras

chaves Tabela 3- filtro 004-

categoria foco temático

Tabela 4- CADERNO BRASILEIRO DE ENSINO DE

FÍSICA Tabela 5- REVISTA BRASILEIRA DE

ENSINO DE FÍSICA Tabela 6- REVISTA

BRASILEIRA DE

HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Tabela 7- Cruzamento de ideias de acordo com as resenhas

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>1. A HISTÓRIA DA CIÊNCIA: E SUA IMPORTÂNCIA PARA O ENSINO DE FÍSICA.....</b>	<b>19</b>
1.1. A História da Ciência Externalista.....	19
1.2 A História da Ciência: suas inconstâncias para explicar a física.....	22
<b>2. UMA VISÃO EXTERNALISTA SOBRE OS FATOS HISTÓRICOS SOBRE RADIOATIVIDADE.....</b>	<b>26</b>
<b>3. RECURSO METODOLÓGICO: A REVISÃO SISTEMÁTICA ENQUANTO MÉTODO DE PESQUISA.....</b>	<b>33</b>
3.1 Revisão Sistemática da Literatura.....	35
3.2. Etapas da pesquisa: aplicando o método.....	37
<b>4. ANÁLISE E RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO.....</b>	<b>40</b>
<b>5. ETAPA FINAL DA ANÁLISE SISTEMÁTICA DE LITERATURA: ORGANIZAÇÃO DOS DADOS.....</b>	<b>43</b>
<b>6. RESENHAS DOS ACHADOS: CRUZAMENTO DE IDÉIA.....</b>	<b>45</b>
<b>7. PERSPECTIVAS FINAIS.....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIA.....</b>	<b>52</b>

## 1- INTRODUÇÃO

Ao longo da minha trajetória acadêmica, tive contato com a disciplina de História e Filosofia da Ciência (HFC) no segundo período da graduação, despertando minha curiosidade e fascínio pela área. Nessa disciplina, exploramos textos que discutiam a evolução das ideias científicas e os teóricos que ao longo da história contribuíram para que a Ciência alcançasse o estado atual. Durante esses debates, as discussões eram sempre bem desenvolvidas e instigantes, proporcionando uma perspectiva diferente da Ciência que eu ainda não conhecia, especialmente a abordagem mais humanística da Física. Essa vertente traz em sua essência a visão de uma Ciência que vai além do rigor matemático, sendo uma disciplina árdua, mas feita por mentes geniais com realizações aparentemente inatingíveis. Inicialmente a disciplina foi conduzida pelo professor Dr. Gustavo de Alencar Figueiredo ministrou essa disciplina inicialmente, e atualmente é meu orientador, conduzindo-a com maestria.

Após um período, outra professora assumiu a turma, a professora Dra. Mirleide Dantas Lopes, que, assim como o professor Dr. Gustavo de Alencar Figueiredo, não deixou a desejar. Sempre apresentando textos incríveis, o diferencial desta segunda parte da disciplina foi o despertar de mais um aspecto da Ciência. Embora não seja exclusivamente uma área da Física, os estudos sobre a representação feminina na Ciência e o feminino na Ciência tornaram-se indispensáveis. Esses temas, levaram-me a refletir sobre aspectos da Física, sua construção e o impacto que essa área teve e continua a ter na sociedade em geral. Ao estudar e refletir sobre os aspectos históricos, conseguimos desmistificar alguns preconceitos na Ciência Física, como a ideia de que a Ciência é feita por homens gênios, de forma individual, e que a Física é conduzida isoladamente dos demais fatores sociais.

Frequentemente, quando mencionamos a Física, tendemos a associá-la a formalismos matemáticos e conceitos diretos, por vezes breves, adotando abordagens mecânicas para compreender suas teorias e leis. Em geral, essa área carrega a reputação de ser uma ciência árdua, rígida, moldada por "gênios", e a evolução dos conceitos físicos é vista como um processo rápido e solitário. Nesse contexto, surge a necessidade de demonstrar que a Física não se limita apenas a formalismos matemáticos e pode ser discutida de forma contextualizada. É importante evidenciar que os conceitos físicos são desenvolvidos de maneira gradual e lenta, sendo os conceitos atuais resultado das mudanças paradigmáticas ocorridas ao longo dos anos.

Após cursar a disciplina de História e Filosofia da Ciência (HFC), ministrada inicialmente pelo professor Dr. Gustavo de Alencar Figueiredo e posteriormente pela professora Dra. Mirleide Dantas Lopes, meu interesse pela área foi significativamente ampliado. As aulas proporcionaram uma visão mais humanística da Física, desmistificando a ideia de que esta é uma ciência árdua e feita por gênios isolados. Essa experiência acadêmica foi fundamental para meu engajamento em um grupo de estudos não institucionalizado, ao qual a professora Mirleide gentilmente me convidou a participar.

Inicialmente, minha abordagem estava focada na representação feminina na Ciência, especialmente na Física, evidenciando como as mulheres foram desacreditadas ao longo da história científica. Sob a orientação da professora Mirleide, desenvolvi trabalhos que exploravam a presença feminina na Ciência, desafiando estereótipos e mostrando a gradual construção dos conceitos físicos ao longo do tempo. Aprofundei-me nesse campo, participando de eventos e aproveitando as oportunidades para ampliar meu conhecimento e rede de contatos na área de História da Ciência.

Essa imersão resultou na publicação do meu primeiro artigo, "REPRESENTAÇÃO FEMININA NA CIÊNCIA: UM OLHAR SOB A PERSPECTIVA ÉTNICO-RACIAL NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA", Revista da UACEN.

Posteriormente, sob a orientação da professora Mirleide, integrei o Programa de Bolsas de Extensão (PROBEX), focando nas mulheres cientistas no enfrentamento à Covid-19, aplicando o projeto na Escola Estadual em Santa Rita/PB, na qual está localizada em João Pessoa. O projeto consistia em intervenções feitas por nós estudantes que participavam do projeto, levando para a educação básica nomes e feitos de mulheres que contribuíram durante a história e na contemporaneidade, de alguma forma.

Nesse projeto, intitulado "MULHERES CIENTISTAS NO ENFRENTAMENTO À COVID-19", colaboramos, eu e outras colegas, para reunir informações históricas e discutir sobre mulheres cientistas contemporâneas nas áreas de Matemática, Física e Ciências Biológicas. Além dessa pesquisa, destaco também os Estágios

Supervisionados, nos quais a temática de História da Ciência (HC) foi explorada. Essa linha de pesquisa foi iniciada no Estágio Supervisionado IV, que, por coincidência, foi ministrado pelo Prof. Dr. Gustavo de Alencar Figueiredo.

A escolha de incorporar uma perspectiva histórica em meus trabalhos decorre da compreensão de que, ao utilizar a História da Ciência (HC), conseguimos obter uma compreensão mais profunda sobre esses temas e entender a evolução dos conceitos ao longo do tempo. Conhecer o passado, sem subjugar-lo, permite uma compreensão mais informada do futuro (Silva, 2022).

Ao adotar a abordagem externalista da HC, ampliamos as visões mencionadas anteriormente com um olhar mais crítico e visionário sobre a Ciência, explorando suas particularidades muitas vezes negligenciadas. A HC externalista não apenas analisa os aspectos científicos e suas teorias, mas também examina os vínculos com a sociedade, evidenciando como eventos sociais e políticos podem influenciar os avanços científicos. Na qual ambos possuem influências sobre o outro, já que, os dois âmbitos são feitos por pessoas.

Assim, ao examinarmos a Ciência de maneira abrangente, considerando-a uma construção humana e paradigmática sob a perspectiva da HC externalista, compreendemos que os eventos e revoluções no meio científico estão diretamente ligados aos acontecimentos na sociedade. Nesse contexto, podemos afirmar que a Ciência é uma empreitada coletiva e não resultado do individualismo de ideias; ela não existe de forma isolada da sociedade.

É crucial destacar que a Ciência não se desenvolve de maneira linear e socialmente neutra, uma vez que é uma construção humana inserida na sociedade, influenciada por todos os aspectos que a compõem. Nesse sentido, as partes envolvidas na Ciência precisam tomar posição. Conforme a teoria de Kuhn (1998), isso pode resultar em grandes revoluções.

Além disso, por meio da HC externalista, percebemos que as grandes ideias surgem e se desenvolvem durante grandes revoluções, as quais não estão dissociadas da sociedade. Podemos considerar que toda a história que envolve a humanidade está intrinsecamente ligada ao progresso e à modernização das grandes ideias científicas. A Ciência, portanto, reflete e contribui para o avanço da sociedade, estando entrelaçada com o curso da história humana.

Ao optar por essa abordagem, serão exploradas as nuances da HC externalista, focalizando a revolução das ideias relacionadas à Radioatividade. Uma Revisão

Sistemática da Literatura será conduzida com o objetivo de analisar os efeitos históricos e sociais desse período que reverberam globalmente.

A utilização da História da Ciência permite evidenciar que a ciência é conduzida por seres humanos comuns, não apenas por gênios isolados. Homens e mulheres dedicam-se ao avanço científico, e a aplicação da HC externalista proporciona uma humanização da Ciência Física, introduzindo elementos sociais e históricos na compreensão dessa disciplina de forma mais contextualizada.

Diante desses fundamentos, torna-se evidente o papel significativo que a HC desempenha na compreensão abrangente da Ciência, ressaltando que tudo o que conhecemos está sujeito a mudanças, e os erros são tão valiosos quanto os acertos.

A pesquisa em questão, intitulada "ABORDAGEM EXTERNALISTA DO ESTUDO DA RADIOATIVIDADE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA EM HISTÓRIA DA CIÊNCIA", propõe analisar sistematicamente artigos que discutem aspectos históricos, científicos e sociais dos estudos sobre Radioatividade sob a perspectiva da HC externalista. Dessa forma, a pesquisa visa responder à seguinte questão: como o estudo da radioatividade vem sendo abordado nos últimos dez anos em artigos que adotam uma perspectiva externalista na História da Ciência?

Durante a pesquisa, foi realizada uma análise da literatura abrangendo as temáticas de Radioatividade, História da Ciência (HC) e ensino de Física. A abordagem envolveu a identificação de como a literatura contemporânea conduz as discussões históricas e sociais relacionadas à Radioatividade. Utilizando descritores e aplicando filtros de pesquisa, foram organizados achados em tabelas para posteriormente realizar resenhas e comparações entre as informações obtidas nas plataformas selecionadas. O cruzamento de ideias visou compreender como a literatura aborda a temática, considerando a HC externalista e contribuindo para romper o paradigma de que a Física é uma ciência solitária feita por "gênios", supostamente à parte da sociedade.

Durante a pesquisa, os estudos relacionados à Radioatividade sob a perspectiva da HC abordaram nomes de grandes cientistas que contribuíram para a área. Essa abordagem busca desmistificar o estereótipo do "gênio" na Ciência Física, frequentemente reforçado pela mídia e discursos, e questionar a ideia de uma formação científica isolada. Kuhn (1998) sugere que a ciência não se desenvolve apenas pela acumulação de descobertas individuais, indicando que qualquer pessoa pode contribuir para a ciência, independentemente de credo, cor ou status social.

O objetivo principal da pesquisa é analisar sistematicamente a literatura, destacando aspectos da HC externalista no contexto da evolução das ideias sobre Radioatividade. A pesquisa visa trazer discussões históricas com enfoque sociológico e no ensino de Física, buscando elevar a compreensão da Ciência Física para além dos conceitos relacionados à Radioatividade, explorando o contexto em que as ideias foram moldadas até os dias atuais.

A natureza da pesquisa é documental, qualitativa e descritiva, adotando a metodologia de Revisão Sistemática de Literatura com foco na HC externalista. Esse método envolve uma abordagem investigativa com linhas de pesquisa definidas, visando analisar, identificar, selecionar e avaliar o material apurado após uma filtragem criteriosa. Essas etapas são essenciais para sintetizar informações relevantes para a discussão, destacando dados significativos de um fenômeno que transformou a Ciência de maneira abrangente: a Radioatividade. Suas aplicações permeiam diversas áreas, incluindo medicina, exploração espacial e ensino de Física, sendo crucial abordar também seu uso em contextos militares, especialmente durante a Segunda Guerra Mundial.

O presente trabalho encontra-se estruturado da seguinte maneira, no capítulo será dedicado somente a História da Ciência e sua relação com ensino. O capítulo dois foi destinado aos avanços científicos da Radioatividade ao longo da história e sua aplicação. Enquanto os demais capítulos foram destinados a metodologia escolhida que no caso foi a Análise Sistemática da Literatura e a aplicação do método.

# 1- A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E A SUA IMPORTÂNCIA PARA O ENSINO DE FÍSICA

## 1.1. A História da Ciência Externalista

A Ciência, de maneira geral, demanda um movimento de contextualização para o desenvolvimento de competências e habilidades, e a História da Ciência (HC) emerge como essa ferramenta valiosa nesse processo, especialmente no ensino da Ciência Física. Através de análises históricas, a aprendizagem pode se tornar mais atrativa e significativa. A introdução da HC no ensino, sobretudo na área de Física, traz elementos humanísticos à essência dessa disciplina, evidenciando que a Ciência é uma construção humana. De acordo com Oliveira e Silva (2012):

[...] “humaniza o conteúdo ensinado; favorece uma melhor compreensão dos conceitos científicos, pois os contextualiza e discute seus aspectos obscuros; ressalta o valor cultural da ciência; enfatiza o caráter mutável do conhecimento científico; e, permite uma melhor compreensão do método científico” [...] p. 41.

Partindo desse pressuposto, ao lidarmos com a HC é crucial compreender que as discussões vão além de uma mera problematização ou contextualização histórica e temporal. As discussões proporcionadas pela HC são intensas, evidenciando um aprofundamento nas teorias. Desse modo, no contexto da Ciência (Física), é possível trabalhar com duas abordagens em História da Ciência: a internalista e a externalista, ou até mesmo ambas simultaneamente.

A corrente internalista concentra suas discussões no âmbito interno da construção dos conhecimentos científicos, ou seja, possui uma visão epistemológica focada nas teorias/leis e nos nomes dos teóricos que produziram contribuições notáveis na ciência. São os aspectos internos à ciência, seu *modus operandi*. Essa abordagem está voltada, principalmente, para as discussões internas e particulares no campo científico. Já a corrente externalista amplia o escopo das discussões, não se concentrando apenas no desenvolvimento científico, mas também considerando as dimensões sociais. Ao abordar a HC sob essa perspectiva, busca-se compreender as necessidades sociais da época estudada e como os avanços científicos influenciaram a sociedade como um todo (Pereira et al., 2019).

Contudo, diferenciar as correntes internalistas e externalistas da HC nem

sempre é uma tarefa sutil. Em determinado momento da história, essas duas vertentes eram confundidas entre si. Seguindo uma ordem cronológica das discussões que permeiam as duas vertentes, Thomas Kuhn destaca a relevância dos aspectos sociais para a Ciência em sua obra "A Estrutura das Revoluções Científicas". Kuhn é considerado um dos primeiros externalistas da HC (Oliveira e Silva, 2012). Sua definição para esse tipo de abordagem sugere:

[...]uma história que se interessa pelo papel dos fatores não intelectuais, particularmente institucionais e socioeconômicos, no desenvolvimento científico. Segundo ele, essa abordagem histórica sofreu grande resistência dos praticantes da história interna, que consideraram a história externa uma ameaça à objetividade e racionalidade da ciência.[..] p. 43.

Para Kuhn, as discussões sobre os paradigmas vigentes em cada época eram de real importância, mas de tempos em tempos surgia a necessidade de explicar os fenômenos naturais. Sob essa perspectiva, a Ciência estaria em constante evolução, assim como a sociedade em geral. Kuhn defende ainda que nenhum indivíduo deveria ser considerado cientista até que compreendesse plenamente o mundo ao seu redor (Kuhn, 1998):

[...]Por exemplo, o cientista deve preocupar-se em compreender o mundo e ampliar a precisão e o alcance da ordem que lhe foi imposta. Esse compromisso, por sua vez, deve levá-lo a perscrutar com grande minúcia empírica (por si mesmo ou através de colegas) algum aspecto da natureza. Se esse escrutínio revela bolsões de aparente desordem, esses devem desafiar-lo a um novo refinamento de suas técnicas de observação ou a uma maior articulação de suas teorias. Sem dúvida alguma existem ainda outras regras desse gênero, aceitas pelos cientistas em todas as épocas.[...] p. 65.

Nessa perspectiva, além de Kuhn, outros defensores das ideias da HC externalista e internalista, como Lakatos, argumentavam que ambas as abordagens poderiam coexistir. Lakatos sustentava que, ao se debruçar sobre o processo de construção científica, o ser humano passaria por uma fase racional, característica internalista, seguida por questões externas que explicam os fatores externos com implicações nos avanços científicos (Oliveira e Silva, 2012).

Assim sendo, no contexto deste trabalho, a abordagem escolhida foi a corrente externalista da HC. O objetivo consistia em analisar na literatura em ensino de Física, abordagens da HC externalista como, por exemplo, os efeitos do estudo da radioatividade implicados na relação ciência, tecnologia, sociedade e ambiente e os avanços científicos relacionados à época do surgimento desse fenômeno,

considerando uma perspectiva histórica e social desse período. Com isso, buscamos explorar, nesta pesquisa, o contexto histórico a partir do impacto ocasionado pelo estudo da radioatividade na vida das pessoas e, em particular, daquelas envolvidas em pesquisas para compreender as equações matemáticas e as teorias por trás desse fenômeno, o que há muito tempo vinha sendo estudado.

Dessa forma, assumimos que a visão externalista da HC destaca que a Ciência é uma construção humana e, portanto, uma expressão cultural. As circunstâncias sociais e políticas também devem ser levadas em consideração, uma vez que a Ciência não está isolada da sociedade. Nesse sentido, a abordagem externalista fornece subsídios teóricos para discutir essas temáticas, considerando a influência dos aspectos sociais sobre a Ciência (Magalhães e Salateo, 2015).

Ao adotarmos a visão externalista da HC, ampliamos nossa compreensão para além dos feitos científicos, explorando também as dinâmicas sociais e os egos envolvidos na busca por reconhecimento na Ciência. Isso significa que as ideias científicas, sejam elas da corrente externalista ou internalista, são moldadas por pessoas comuns em busca de validação, sujeitas tanto ao sucesso quanto ao fracasso.

Uma outra abordagem mais social da HC, tal como é o caso da HC sociológica ou marxista, considera não apenas a Ciência e os cientistas, mas também as questões políticas e econômicas. Essa perspectiva sugere que a Ciência é influenciada por interesses, sejam políticos, econômicos, ou uma combinação de ambos, permeada por ideologias e valores próprios (Oliveira e Silva, 2012).

Uma análise sociológica da Ciência, a partir das lentes da HC externalista, não apenas aborda as questões anteriormente mencionadas, mas também proporciona uma compreensão abrangente do funcionamento da Ciência. Isso possibilita a quebra de paradigmas e a desmistificação de ideias enraizadas, tal como é o caso em que a Ciência é feita e conduzida exclusivamente por gênios. Assim, percebemos que as ideias científicas se desenvolvem por meio de revoluções, intrinsecamente ligadas aos avanços tecnológicos (Oliveira e Silva, 2012).

Nesse contexto, torna-se significativo utilizar a HC para compreender em profundidade esses fenômenos, além dos seus aspectos internos relativos à Ciência, definições, equações, aplicações, etc. Além disso, a partir dessa abordagem, podemos questionar de maneira mais fundamentada, desenvolvendo uma postura crítica em relação aos próprios valores no que diz respeito aos questionamentos científicos, históricos e sociológicos. Ao direcionarmos nossa

atenção para os aspectos sociológicos e externalizados a HC com seus avanços e conquistas tecnológicas, obtemos uma visão complexa sobre a produção dos saberes relativos à essa conquista. Isso permite abordar todas as fases da Ciência, incluindo seus acertos e erros, apresentando uma versão menos idealizada e mais realista da Ciência (Videira, 2007).

## **1.2 História da Ciência: Disrupções e Descontinuidades na Trajetória da Exploração Científica**

A Ciência, por sua natureza, está sujeita a constantes mudanças, e a dinâmica dessas mudanças sugere que os avanços científicos não seguem uma trajetória linear. Rupturas de ideias e a quebra de paradigmas são elementos intrínsecos ao desenvolvimento científico, sendo as revoluções científicas o combustível necessário para impulsionar tais mudanças. Para compreender o funcionamento da Ciência, é essencial entender a sociedade como um todo. Podemos visualizar essa relação como um quebra-cabeça, onde a Ciência desempenha um papel crucial na explicação dos avanços, tanto tecnológicos quanto não tecnológicos, que ocorrem na sociedade. Simultaneamente, a sociedade exerce influência sobre a Ciência, impulsionando-a a avançar e adaptar-se às demandas do momento.

Ao assumirmos a perspectiva externalista da História da Ciência (HC), abrimos espaço para o desenvolvimento do pensamento criativo e crítico. No contexto do processo de ensino-aprendizagem, a HC torna-se uma ferramenta valiosa. Isso porque, ao considerarmos o impacto da sociedade sobre a Ciência, podemos desafiar o paradigma de que a Ciência, especialmente a Ciência Física, é uma área imediatista moldada por gênios, desvinculada dos eventos sociais (Oliveira e Silva, 2012):

:

[...]A inclusão da HC na educação científica vem sendo recomendada como um recurso para uma formação de qualidade, especialmente visando ao ensino e aprendizagem de aspectos epistemológicos da construção da ciência. Argumenta-se a importância de se aprender sobre o que caracteriza a ciência como um empreendimento humano, e defende-se a HC como uma estratégia pedagógica adequada para discutir certas características da NDC. [...] p. 47.

Partindo dessa premissa, levar tais discussões para a educação básica pode romper com algumas ideologias criadas e alimentadas pela mídia e pelo livros didáticos (até mesmo universitários) como, por exemplo, a existência do mito de que a ciência é feita apenas por grandes gênios. Através da HC, podemos conhecer as transformações que ocorrem no mundo. Além disso, mostrando que a Ciência não é feita isoladamente, mas sim pela contribuição de ideias e teorias de uma comunidade científica, conforme afirmado por Kuhn (1998):

[...]exemplo, o cientista deve preocupar-se em compreender o mundo e ampliar a precisão e o alcance da ordem que lhe foi imposta. Esse compromisso, por sua vez, deve levá-lo a perscrutar com grande minúcia empírica (por si mesmo ou através de colegas) algum aspecto da natureza . [...]. p. 65

Com isso, revelamos mais um aspecto dentre as muitas faces que a Ciência possui, especialmente a Ciência Física. Por muito tempo, a Física carregou o estereótipo de ser uma área solitária, árdua e feita por gênios. No entanto, esquecemos de um fato crucial: aqueles que desejam compreender a HC e, principalmente, a história da Física, devem ter em mente que a Ciência, de modo geral, se desenvolve de forma lenta e gradual, passando por crises que podem, de alguma forma, incentivar mudanças de paradigmas (Martins, 2005).

A HC procura entender como ocorreram as diversas mudanças na Ciência, em particular na Física, desmistificando a ideia dos grandes gênios. Segundo Martins (2005), a concepção de grandes gênios é uma forma ingênua de explicar e ver a Física, pois dentro dessa área não houve e nunca haverá o surgimento de grandes gênios que transformarão e revolucionaram a Física. No entanto, sempre haverá pessoas dispostas a compreender o mundo ao seu redor. A partir desse pensamento, ao olharmos para o campo educacional, ainda vemos a ideia do gênio bastante enraizada. Por meio da HC, podemos levar essas discussões para a Educação Básica (EB), quebrando tais ideais e proporcionando uma nova visão da Ciência, em particular da Física, conforme destacado por Rosa e Silva (2015):

:

Um dos objetivos do ensino de ciências é promover o acesso ao conhecimento científico produzido pela humanidade ao longo dos a nos para todas as pessoas, independentemente de raça, credo religioso, sexo, etc.” p. 85.

Desse modo, podemos perceber o quanto as discussões partindo da HC é enriquecedora tanto para a construção do conhecimento científico quanto para o ensino. Há estudos que comprovam o quanto o uso da HC pode contribuir de forma significativa no ensino de Física e nas demais Ciências, pois promove uma melhor aprendizagem dos conteúdos abordados pelo professor, desenvolvendo pensamento crítico individual; estabelecendo uma conexão maior com o conhecimento científico, além de promover a rupturas de ideias de dogmas e, assim, mostrando que cada cientista teve valor com suas contribuições, para que houvessem os avanços científicos e tecnológicos que conhecemos na contemporaneidade (Guerra e Moura, 2022).

Kuhn (1998) em sua obra mais emblemática, circunstância que partindo da ruptura de paradigmas novas ideias surgem, e aqueles(as) que persistem a não se adequar ou mudar junto com os paradigmas acabam se tornando obsoletos para a evolução de novas ideias.

Mas sempre existem alguns que se aferram a uma ou outra das concepções mais antigas; são simplesmente excluídos da profissão e seus trabalhos são ignorados. O novo paradigma implica uma definição nova e mais rígida do campo de estudos. Aqueles que não desejam ou não são capazes de acomodar seu trabalho a ele têm que proceder isoladamente ou unir-se a algum grupo.[...] Kuhn, 1998, p.39)

Além disso, por meio da HC, podemos compreender como surgem efetivamente as necessidades das rupturas. Segundo Kuhn (1998), a ciência normal tende a suprimir novas ideias, rejeitando soluções que poderiam resolver problemas de maneira simples e prática. Quando apresentamos argumentos bem fundamentados, somos capazes de explicar até mesmo conceitos complexos. Nesse contexto, quando não conseguimos explicar algo de maneira satisfatória ou falta embasamento argumentativo, torna-se necessário buscar mais conhecimento para que novos argumentos surjam, e novas ideias se desenvolvam à medida que a ciência evolui.

Especificamente na ciência (Física), observamos uma constante modernização de conceitos e uma frequente mudança de paradigmas. Ao estudarmos essas mudanças, compreendemos que a ciência não é inerte, mas sim contínua e está em constante evolução. Conforme Kuhn (1998) destaca, a ciência, em particular a Física, está sujeita a transformações regulares e

significativas:

[...] A ciência normal não se propõe descobrir novidades no terreno dos fatos ou da teoria; quando é bem sucedida, não as encontra. Entretanto, fenômenos novos e insuspeitados são periodicamente descobertos pela pesquisa científica; cientistas têm constantemente inventado teorias radicalmente novas. O exame histórico nos sugere que o empreendimento científico desenvolveu uma técnica particularmente eficiente na produção de surpresas dessa natureza. Se queremos conciliar essa característica da ciência normal com o que afirmamos anteriormente, é preciso que a pesquisa orientada por um paradigma seja um meio particularmente eficaz de induzir a mudanças nesses mesmos paradigmas que a orientam.[...]  
(Kuhn, p. 77- 78).

Para conduzirmos discussões como esta, explorando a outra face da Ciência (Física), podemos nos ater às abordagens propostas por Martins (2009). Ele sugere, conforme no início deste trabalho, a existência de duas correntes dentro da História da Ciência (HC): a internalista, que se dedica às discussões internas no âmbito científico, onde o embate de ideias ocorre entre os próprios cientistas e aqueles que não fazem parte desse ciclo não têm acesso a tais debates; e a externalista, que considera o meio social, político e econômico, cultural no qual a ciência está inserida. Nesta investigação, optamos pela vertente externalista.

Na história, novos nomes surgiram para explicar os processos de radioatividade, um fenômeno que teve impacto direto durante a primeira metade do século XX, que teve implicações sociais até os dias atuais. No entanto, é importante evitar equívocos, como a criação de personagens geniais que recebem todo o crédito. Essa visão simplista e ingênua na HC, como aponta Martins (2005), pode obscurecer a verdadeira complexidade e dinâmica do desenvolvimento científico.

## 2- UMA VISÃO HISTÓRICA EXTERNALISTA SOBRE RADIOATIVIDADE

Após muitas tentativas falhas, aqui ressaltamos que os erros para HC são tão importantes quanto os acertos, Becquerel observou que esse tipo de fenômeno acontecia originalmente partindo do próprio elemento e não por intervenções do meio. Esse tipo de fenômeno se chamou por um tempo de raio de Becquerel, mais tarde a polonesa Marie S. Curie, após estudar esses fenômenos mais detalhadamente, deu o nome de radioatividade em homenagem ao elemento rádio. Em outros momentos da história outros cientistas também se dedicaram ao estudo da radioatividade e outros uniram-se a Marie, como Pierre Curie, em busca de novas explicações e novas formas de revolucionar a ciência.

Partindo dos estudos de Becquerel, Marie observou os compostos de urânio em suas propriedades e características próprias, por exemplo, como o nível de radiação aumentava cada vez que se acrescentava mais urânio. Tal radiação era emitida de forma espontânea, a qual mais tarde viria a ser chamado de raio Becquerel até o ano de 1898. Posteriormente observando que esse tipo de fenômeno não pertencia somente ao urânio, Marie por sua vez batizou o termo de Radioatividade (Silva, 2022). Os estudos envolvendo radiação de urânio bem como suas propriedades mais fundamentais foram desenvolvidas de maneira mais formal por Madame Curie apresentou na Academia Francesa de Ciências suas anotações decorrentes do seu estudo de Doutorado, pois em sua pesquisa ela abordou as propriedades da radiação de urânio. (Cordeiro e Peduzzi, 2011).

Após várias tentativas fracassadas — e é importante destacar que, para a História da Ciência, os erros são tão significativos quanto os acertos — Becquerel observou que esse tipo de fenômeno ocorria intrinsecamente no próprio elemento e não como resultado de intervenções externas. Inicialmente denominado como "raio de Becquerel", esse fenômeno recebeu mais tarde o nome de radioatividade, em homenagem ao elemento rádio, pela cientista polonesa Marie Curie. Ao longo da história, outros cientistas uniram-se a Marie, como Pierre Curie, na busca por novas explicações e formas de revolucionar a ciência.

Partindo dos estudos de Becquerel, Marie examinou as propriedades e características próprias dos compostos de urânio. Ela observou, por exemplo, que o nível de radiação aumentava espontaneamente com a adição de mais urânio. Até o ano de 1898, esse fenômeno era chamado de raio Becquerel. Percebendo que esse tipo de fenômeno não se limitava apenas ao urânio, Marie o nomeou como

"Radioatividade" (Silva, 2022). Madame Curie apresentou suas anotações na Academia Francesa de Ciências, resultado de seu estudo de doutorado, no qual explorou as propriedades da radiação do urânio (Cordeiro e Peduzzi, 2011).

Dessa forma, investigando as propriedades radioativas do urânio e do tório, Marie e Pierre Curie observaram que ambos os elementos exibiam características radioativas. Os trabalhos exaustivos de Marie Curie, em colaboração com Pierre Curie, elevaram os estudos sobre radiação a um patamar superior. Em seus esforços para desvendar e compreender o que chamaram de elemento hipotético, acabaram por descobrir o polônio e o rádio, alcançando mais um feito científico notável (Cordeiro e Peduzzi, 2011).

A descoberta do rádio, em particular, foi um marco nos estudos sobre radiação, consolidando as pesquisas nessa área. O avanço dessas novas informações chamou a atenção de outros cientistas, principalmente em relação às inúmeras possibilidades de estudos sobre o rádio. Ao realizar experimentos, perceberam que o rádio emitia raios de forma intensa. Na comunidade científica francesa, esse período, por volta de 1900, foi marcado pela busca de novas compreensões sobre as aplicações relacionadas à radiação, especialmente no contexto dos estudos sobre as forças elétricas e magnéticas que atuam sobre a radiação do rádio (Cordeiro e Peduzzi, 2011).

Ao investigarem os raios emitidos, os cientistas descobriram que alguns eram mais intensos que outros e que poderiam ser desviados, denominando-os de raios alfa. Essa categoria, especialmente identificada e nomeada pelo cientista Rutherford, atraiu significativa atenção dos pesquisadores da época. Conforme observado por Cordeiro e Peduzzi (2011), perceberam que esses raios alfa eram responsáveis pela maior parte da ionização nos processos radioativos. Chegaram, assim, à conclusão de que, ao enriquecer cada vez mais o elemento rádio, as partículas alfa pertenciam a um elemento atômico leve (Cordeiro e Peduzzi, 2011).

Mesmo com o avanço dos estudos, muitas linhas de pesquisa e dúvidas persistem acerca dos raios alfa. Apoiando-se nos estudos e hipóteses dos Curie, alguns cientistas acreditavam que a radiação era uma propriedade intrínseca da matéria (Cordeiro e Peduzzi, 2011).

Eles enfatizam a importância da hipótese lançada pelo casal Curie, de que a radioatividade seria uma propriedade atômica da matéria. Ela serviu como guia nos estudos do casal e levou ao descobrimento do rádio; a mesma relevância ela assumiu nas pesquisas de Rutherford e Soddy, que concluem veementemente "Está bem estabelecido que essa propriedade é em função do átomo, e não da

molécula. p. 4.

Os estudos sobre a Radioatividade ganharam impulso, especialmente após a compreensão da emissão dos raios alfa. Posteriormente, as pesquisas foram direcionadas para o tório e a rádio. Vale destacar que os trabalhos sobre o rádio renderam prêmios Nobel para o casal Curie e o cientista Henry Becquerel. A dedicação desses três pioneiros impulsionou avanços significativos relacionados à radiação, servindo de base para outros cientistas explorarem novas áreas. Esses estudos não apenas foram fundamentais para a Ciência Física, mas também contribuíram para todo o campo científico, influenciando, por exemplo, a Química, especialmente com os avanços nos conceitos do tório e na hipótese de desintegração dos elementos, conforme destacado por Cordeiro e Peduzzi (2011).

o tório e suas emanações foram frutíferos não apenas para a teoria da desintegração dos elementos, mas também para a série de pesquisas na Química que culminou com a descoberta da isotopia. Na Conferência Nobel de Química de 1922, Frederick Soddy faz uma representação detalhada do histórico de estudos que levaram a tal conhecimento. p. 5

Após inúmeros embates, conflitos, e acordos políticos e financeiros, os conceitos da Radioatividade se tornaram uma área de estudo essencial. Os Cientistas estavam profundamente empenhados em aprender mais sobre essa vertente da Física, baseando-se em estudos e pesquisas realizadas ao longo do tempo. A ciência, de forma geral, não é desenvolvida de maneira isolada, mas sim a partir das contribuições de outros cientistas. Ao explorar áreas de pesquisa na Física, frequentemente nos deparamos com literatura que associa, equivocadamente, os feitos científicos a nomes individuais, elevando essas pessoas a um status de "gênio" e as transformando em ícones proeminentes.

Apesar da Radioatividade ter tido sua gênese explorada por cientistas renomados, como Marie Curie, Henry Becquerel e Pierre Curie, outros pesquisadores também se dedicaram e contribuíram para o desenvolvimento das ideias relacionadas à radiação. Um exemplo notável é o cientista Ernest Rutherford, cujas contribuições são consideradas por alguns historiadores como a segunda onda de estudos sobre a Radioatividade. Nesse período, Rutherford concentrou-se diretamente nas descobertas relacionadas à natureza desse fenômeno (Cordeiro e Peduzzi, 2011).

Após a revelação de que o tório emite radiação de maneira semelhante ao urânio, as descobertas de Marie Curie continuaram a se destacar. Uma descoberta

particularmente significativa para a Ciência da época foi publicada por Marie. Nessa fase de pesquisa, ela explorou a ideia de que a pechblenda poderia conter mais um elemento radioativo, obtido por meio da separação de elementos. É crucial destacar que a pechblenda, que se trata de uma roche no caso a com propriedades radioativas, na qual era mais ativa radioativamente do que o urânio, e o trabalho de Marie nesse período era intensamente braçal (Martins, 1990). Este trabalho braçal resultou em sua morte causada pela exposição à radiação sem nenhuma proteção. Ressaltando que na época das descobertas de Marie, não se sabia que a exposição excessiva à radiação poderia causar cânceres.

Segundo Martins (1990), o processo de separação de elementos era realizado em etapas. Inicialmente, a pechblenda era imersa em ácido, e, em seguida, submetida ao ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S), que formava diversos sulfetos insolúveis, precipitando-os. Contudo, urânio e tório não eram dissolvidos; a parte que precipitava continha o material que eles consideravam o mais ativo. Após essa etapa, outros elementos, como sulfeto de amônia, sulfetos de arsênio e de antimônio, eram adicionados, e como esses elementos não eram ativos, eles não se dissolvem. Esses processos eram apenas uma parte do complexo procedimento que antecede a efetiva separação dos elementos da pechblenda, conforme explicado por Martins (1990):

Por fim, o material ativo fica unido ao bismuto, não sendo separável dele pelos processos usuais. Não era, portanto, nenhum elemento conhecido. Através de processos de sublimação fracionada foi possível obter um material (ainda unido ao bismuto) que era 400 vezes mais ativo do que o urânio puro. p 40

Apesar das etapas desafiadoras do processo de pesquisa para separar os elementos presentes na pechblenda, não se tinha certeza se um novo elemento químico tinha sido encontrado. No entanto, ao analisar e revisar os estudos relacionados aos "raios becquerel", o casal Curie, juntamente com Bemont, apresentou um trabalho na Academia Francesa de Ciências em 1898. O objetivo desse estudo era apresentar os dados e evidências de sua nova pesquisa, revelando a descoberta de um novo elemento químico. Esse novo elemento era mais ativo radioativamente do que outros elementos conhecidos, e sua faixa espectral era até então desconhecida. Em virtude dessas características, o novo elemento foi batizado com o nome de Rádio, por ser mais radioativo do que qualquer elemento anteriormente estudado pelo casal Curie (Martins, 1990).

Apesar de extensas pesquisas e discussões nas academias, a compreensão da natureza da radiação ainda estava longe de ser completa, mesmo com o termo Radioatividade já existindo. O desenvolvimento e as explicações para essa área de estudos ocorreram de maneira gradual, com contribuições de diversos cientistas, alguns mais destacados que outros. O conjunto desses estudos forneceu o conhecimento que possuímos na contemporaneidade. Mesmo com obstáculos e várias tentativas falhas, percebemos que a Ciência é construída dessa maneira.

Muitos dos conhecimentos descobertos por inúmeros cientistas foram aplicados na medicina, ampliando ainda mais a área dos estudos da Física. Infelizmente, os conhecimentos dessa área promissora foram, por vezes, aplicados para fins desastrosos. A radioatividade, que poderia salvar milhares de vidas durante a Primeira Guerra Mundial, teve aplicação nos Raios X, elaborados pela cientista Marie Curie. Ela criou o Instituto Curie devido ao colapso da saúde na época. Junto com suas filhas, Marie montou carros de Raios X de emergência nas frentes de batalha para atender soldados feridos, muitos dos quais tinham membros decepados em alguns casos de forma desnecessária (Santos, 2018).

Contudo, na Segunda Guerra Mundial, décadas após o início dos estudos sobre radioatividade, a história tomou um rumo diferente. A aplicação dos conhecimentos sobre a radioatividade não foi para salvar vidas, mas para tirar as vidas de pessoas inocentes. Outro processo que esse fenômeno passou a ser estudado foi o processo de fissão nuclear.

Cientistas como Ernest Rutherford e Frederick Soddy dedicaram-se aos estudos sobre radiação e seus elementos, mesmo décadas após as pesquisas dos Curie. Eles descobriram um fenômeno novo, o qual viria a ser chamado de fissão nuclear ou fissão de urânio. Esse fenômeno também foi estudado pelos cientistas Otto Hahn e Fritz Strassmann e interpretado pela física Lise Meitner em 1939. No auge da Segunda Guerra Mundial, o cientista Niels Bohr, que também possuía conhecimento desse fenômeno, teve receio de que os estudos relacionados à fissão nuclear pudessem ser usados para fins bélicos, uma vez que tal fenômeno liberava uma grande quantidade de energia (Merçon e Quadrat, 2004).

Infelizmente, como sabemos, as bombas atômicas foram desenvolvidas a partir do processo de fissão nuclear, derivado de fenômenos radioativos e de seus estudos. As cidades de Hiroshima e Nagasaki foram aniquiladas, deixando apenas cinzas e sofrimento. Se a explosão não destruísse imediatamente, a radiação

continuar a fazer vítimas com o calor, resultando em sofrimento prolongado ao longo do tempo.

Tendo em vista a evolução das ideias científicas sobre os fenômenos da radioatividade, é inevitável mencionar um dos eventos que abalou o mundo como um todo: a Segunda Guerra Mundial. Os conhecimentos sobre radioatividade adquiridos nas últimas décadas foram empregados de maneira devastadora. Infelizmente, na época, pouco se sabia sobre as consequências humanitárias e ambientais que se seguiram, mobilizando e sensibilizando o mundo de uma forma que ninguém poderia prever.

A Segunda Guerra Mundial teve aproximadamente 2.174 dias de duração, de acordo com Gilbert (2009), desde os primeiros passos, ou seja, as primeiras reuniões e conspirações de governantes ambiciosos, decorrentes de um ataque alemão contra a Polônia em 1939 até a rendição do Japão em 1945 (Gilbert, 2009), que por sua vez já se encontrava fora Guerra, as bombas por sua vez foram usadas para servir de exemplo para os demais países e também para testar como um experimento e uma nova descoberta da Ciência. Entre essas datas, muitas pessoas perderam seus entes queridos; outras não tinham onde se abrigar, e sob seus olhares, havia a nuvem obscura da crueldade humana.

Diante do caos e das tragédias, durante esse tenebroso período, pessoas tiveram que mudar literalmente suas vidas. Outras foram aniquiladas pelo simples fato de religião, sexualidade e, por muitas vezes, apenas pelo motivo de existir. Aldeias inteiras foram destruídas, transformadas em pó; famílias inteiras foram destruídas, crianças foram tiradas de seu seio familiar e separadas de entes queridos, até mesmo mortas por motivos que nem mesmo elas sabiam (Gilbert, 2009):

Aldeias inteiras foram foram foram incendiadas e destruídas até aos alicerces. Em Truskolasy, a 3 de Setembro, cinquenta e cinco camponeses polacos foram cercados e abatidos a tiros, incluindo uma criança de dois anos.” (cap. A invasão da Polónia pela Alemanha em Setembro de 1939).

Horrores como esses foram vivenciados por inúmeras pessoas por muito tempo. A Segunda Guerra Mundial marcou a história do mundo, sendo um dos períodos mais obscuros que a humanidade já pôde presenciar, com impacto global. Tanto civis quanto militares sofreram as consequências dessa guerra, com milhares

de mortes registradas. Muitas pessoas marcharam para sua própria morte, e outras tiveram fins trágicos sem ao menos entender o porquê de todo esse conflito. Segundo Gilbert (2009), mais de quarenta e seis milhões de pessoas pereceram com a crueldade da guerra, um número contabilizado entre civis e militares. Dentro desses números, há aquelas pessoas que tiveram mortes terrivelmente cruéis e prolongadas.

Ao fazer uma análise sobre os estudos relacionados à Radioatividade, podemos perceber o quanto essa área influenciou o mundo de modo geral. Além dos avanços tecnológicos que influenciaram e inovaram bastante nas áreas médicas, os estudos relacionados à Radioatividade também tiveram influência em outros aspectos nas mais diversas áreas do conhecimento, impactando diretamente a sociedade de forma geral. Com o uso da HC externalista, conseguimos discutir esses aspectos, compreendendo como ocorreu toda essa influência e os resultados, seja na área médica, na pesquisa ou na implementação das inovações na área de ensino.

### 3- O USO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA: DESAFIOS METODOLÓGICOS E NATUREZA DE PESQUISA

Ao realizar uma pesquisa com a natureza de Análise Sistemática da Literatura, é crucial delimitarmos a abordagem, sujeitos e métodos para melhor compreensão e desenvolvimento do processo. No contexto da HC, comumente adotamos uma abordagem de pesquisa documental, qualitativa ou quantitativa, sendo o método a critério do autor. Neste caso, a pesquisa será conduzida de forma documental e qualitativa, utilizando fontes secundárias, uma vez que, na HC, costumam-se utilizar fontes primárias ou secundárias.

Na perspectiva qualitativa, o foco recai sobre a qualidade dos sujeitos estudados, buscando discutir a relação entre o sujeito e a pesquisa, coletando e registrando dados e interpretando as informações. Dada a natureza documental da pesquisa, essa abordagem se encaixa adequadamente, proporcionando três tipos de análise de sujeitos: documental, estudo de caso e etnografia (Guerra, 2014).

Ao lidar com o levantamento de dados bibliográficos em pesquisas documentais, comuns em HC, é fundamental seguirmos alguns preceitos. Primeiramente, é necessário definirmos claramente a problemática, os objetivos e o tema. Quanto mais restrita e delimitada for a pesquisa, mais fácil será realizarmos o levantamento de dados. Após formular uma boa pergunta de pesquisa, determinar os objetivos e o tema, o próximo passo é escolher uma corrente ou enfoque da HC que se alinhe à pesquisa. Temos duas correntes principais: a internalista e a externalista, também conhecidas como conceitual e não-conceitual, respectivamente, conforme descrito por Martins (2005):

[...]Uma abordagem conceitual (interna, internalista), discute os fatores científicos (evidências, fatos de natureza científica) relacionados a determinado assunto ou problema. Procura responder a perguntas tais, como se determinada teoria estava bem fundamentada, considerando o contexto científico de sua época. [...] p. 306.

Desse modo, para a corrente externalista, segundo Martins (2005) nos diz:

[...] Uma abordagem não-conceitual (externa, externalista), lida com os fatores extra científicos (influências sociais, políticas, econômicas, luta pelo poder, propaganda, fatores psicológicos). Por exemplo: se uma teoria estava bem fundamentada para sua época e foi rejeitada,

o porquê da rejeição da mesma diz respeito a fatores não-conceituais.[...]. p. 306.

A escolha da natureza qualitativa e bibliográfica da pesquisa, aliada à categoria descritiva, é apropriada para descrever fatos durante a produção e evolução do trabalho. A opção pelo método de Revisão Sistemática de Literatura em uma pesquisa documental com fontes secundárias permite uma abordagem minuciosa na seleção e avaliação de estudos relevantes (Galvão e Pereira, 2014).

Assim, a Análise Sistemática de Literatura, ao ser aplicada, possibilita uma investigação com linhas de pesquisa bem definidas, visando analisar, identificar, selecionar e avaliar materiais relevantes. A filtragem criteriosa durante as etapas do método visa sintetizar informações e evidências alinhadas com a temática da pesquisa, resultando em uma compilação do que é mais relevante (Galvão e Pereira, 2014).

No que tange este estudo, a análise sistemática, dos artigos publicados nos últimos dez anos (2013 a 2023), relacionando pesquisas sobre radioatividade, História da Ciência externalista e ensino de Física, foi conduzida em plataformas online, começando pelo Google Acadêmico. A pesquisa revelou que a temática não se restringe apenas a revistas e periódicos de Física, abrangendo também diversas outras áreas do conhecimento.

Destarte, as etapas desta pesquisa seguiram as exigências do método, iniciando com as buscas pela literatura. A vastidão de informações e acessos de literatura pode ser um desafio, mas uma proposta de pesquisa bem formulada e a delimitação adequada do período e descritores facilitam as buscas (Brizola e Fantin, 2016).

Ao delimitar o período da pesquisa e formular uma problemática sólida, a segunda fase consiste em identificar a literatura mais relevante por meio de aplicação. Essa etapa, inerente a uma pesquisa sistemática, conduz a uma subsequente seleção, avaliação e síntese dos fatos contidos nesses achados. Essas etapas finais tornam-se cada vez mais criteriosas, pois a proposta de um método de análise sistemática da literatura é precisamente compilar informações de pesquisa já existentes (Brizola e Fantin, 2016). Essa abordagem é crucial para evitar contratempos durante a investigação da temática, particularmente em uma pesquisa histórica sobre a Radioatividade.

Apesar de a revisão sistemática de literatura ser mais comum na área da saúde, especialmente para delimitar pesquisas em medicamentos, ao realizar as buscas para a presente pesquisa, foram encontrados estudos que aplicam esse

método no contexto do ensino de Física, utilizando tanto a História da Física como a História da Ciência. Embora seja mais prevalente em pesquisas relacionadas à saúde, é relevante destacar que esse método pode ser empregado eficazmente para identificar pesquisas de qualidade em diversas áreas de aplicação. Isso ressalta a versatilidade e a utilidade da revisão sistemática de literatura, independentemente do campo específico de estudo segundo Brizola e Fantin, (2016):

Se levarmos em conta que uma investigação, uma pesquisa acerca de um determinado tema objetiva desenvolver teorias, estabelecer evidências e resolver problemas, é importante que o pesquisador-autor esteja informado sobre o que a comunidade científica tem produzido, quer seja em estudo mais recentes, quer seja em estudos realizados há mais tempo, para que seu estudo não seja mais do mesmo, mas que tenha relevância, que seja algo ainda não pesquisado p. 24.

Neste caso, podemos refletir que pesquisas utilizando esse método se faz importante dentro do meio acadêmico, pois leva a pesquisa para outro nível de conteúdo e informação, principalmente e em particular a Física.

### **3.1 - Revisão Sistemática da Literatura.**

Para realizar uma pesquisa, é crucial ter clareza quanto à abordagem que será adotada, delimitando os sujeitos e os métodos, o que proporcionará uma compreensão mais aprofundada de como o estudo se desenvolverá ao longo de todo o processo. Em pesquisas de HC, a abordagem geralmente é documental, qualitativa ou quantitativa, sendo a escolha do método deixada ao critério do autor. No caso da presente pesquisa, a abordagem será documental e qualitativa, fazendo uso de fontes secundárias, uma vez que, em HC, é comum utilizar tanto fontes primárias quanto secundárias.

Nesse sentido, a pesquisa qualitativa representa uma abordagem nas ciências sociais que se concentra na compreensão dos fenômenos sociais, culturais e humanos de maneira mais descritiva e interpretativa (Oliveira, 2011). Como pesquisadores e autores deste trabalho, ao realizarmos as buscas pela literatura, interpretamos minuciosamente os textos que passaram pelo processo de filtragem, destacando não apenas a interpretação, mas também a descrição das etapas da pesquisa.

Ao abordarmos aspectos da HC externalista, optamos por trabalhar com uma abordagem descritiva, pois a pesquisa qualitativa busca compreender e descrever em profundidade as complexidades de um fenômeno. Essa abordagem não se limita à quantificação de dados, mas busca explorar a riqueza das experiências e perspectivas humanas (Oliveira, 2011).

Nesse sentido, é interessante esclarecer também que, no contexto do levantamento de dados bibliográficos com uma natureza descritiva qualitativa, é essencial seguir alguns preceitos, o que facilitará a aplicação da Análise Sistemática de Literatura neste trabalho. Primeiramente, é necessário definir a problemática, em seguida, estabelecer de maneira clara os objetivos e, não menos importante, o tema. Quanto mais restrita e delimitada for a pesquisa, mais fácil será realizar o levantamento dos dados.

Assim, após formular uma boa pergunta de pesquisa, estabelecer os objetivos e definir o tema, o próximo passo foi escolher uma corrente ou enfoque da HC que melhor se encaixe na pesquisa, sendo os dois principais: a abordagem internalista e externalista. Esses enfoques, como abordamos anteriormente, podem ser caracterizados como conceituais (internalista) e não conceituais (externalista), conforme descrito por Martins (2005).

[...]Uma abordagem conceitual (interna, internalista), discute os fatores científicos (evidências, fatos de natureza científica) relacionados a determinado assunto ou problema. Procura responder a perguntas tais, como se determinada teoria estava bem fundamentada, considerando o contexto científico de sua época. [...] p. 306.

E para a corrente externalista Martins (2005) nos diz:

[...] Uma abordagem não-conceitual (externa, externalista), lida com os fatores extra científicos (influências sociais, políticas, econômicas, luta pelo poder, propaganda, fatores psicológicos). Por exemplo: se uma teoria estava bem fundamentada para sua época e foi rejeitada, o porquê da rejeição da mesma diz respeito a fatores não-conceituais.[...]. p. 306.

Após delimitarmos e definirmos a pesquisa como sendo de natureza qualitativa, descritiva e bibliográfica, o método escolhido para aplicação no presente estudo foi a Revisão Sistemática de Literatura. Esse método permite alcançar um nível mais preciso na busca da literatura, sendo uma pesquisa documental que utiliza fontes secundárias. Com a aplicação do método de Análise Sistemática de Literatura, é possível ser mais minucioso em relação à qualidade dos materiais

utilizados na pesquisa, uma vez que busca selecionar e avaliar estudos considerados relevantes (Galvão e Ferreira, 2014).

Logo, a investigação é conduzida em linhas de pesquisa bem definidas, com o intuito de analisar, identificar, selecionar e, posteriormente, avaliar materiais que permaneceram após uma cuidadosa filtragem. A reestruturação das fases da pesquisa sistemática visa sintetizar informações e evidências de acordo com a temática, resultando no destaque do que é mais relevante para a pesquisa (Galvão e Ferreira, 2014).

À vista disso, esta pesquisa foi conduzida em quatro etapas. A primeira etapa consistiu no levantamento bibliográfico para definir a temática central e a escolha das plataformas: google acadêmico; Revista de História e Filosofia da Ciência, Revista Brasileira de Ensino de Física e o Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Por conseguinte, as etapas subsequentes seguirão os critérios de uma Revisão Sistemática de Literatura, conforme delineado por Oliveira e Silva (2012).

1. Elaboração da pergunta de pesquisa; 2. Busca na literatura; 3. Seleção dos artigos; 4. Extração dos dados; 5. Avaliação da qualidade metodológica; 6. Síntese dos dados (metanálise); 7. Avaliação da qualidade das evidências; 8. Redação e publicação dos resultados.

Como podemos observar, o método de Revisão Sistemática de Literatura envolve um total de oito etapas. Embora, no contexto de uma pesquisa bibliográfica, as etapas 1 e 2 já tenham sido realizadas durante o levantamento da bibliografia. Após as buscas, procedemos com a seleção dos achados, e nessa fase, a terminologia "artigo" deixa de ser utilizada. A seleção é realizada por meio de filtragens pré-estabelecidas. Similarmente, as etapas 4, 5, 6 e 7 requerem filtragens mais criteriosas e exigentes, visando garantir que apenas os achados que condizem com a temática e os objetivos da pesquisa permaneçam. Por fim, a redação final compreende um cruzamento de ideias e a publicação dos resultados obtidos.

### **3.2- Etapas da pesquisa: aplicando o método**

Os critérios de seleção dos descritores abrangeram artigos publicados no período de 2013 a 2023, ou seja, nos últimos 10 anos. A delimitação temporal da pesquisa exigiu que os artigos selecionados estivessem vinculados às áreas de ensino de Física, ensino de Ciência e História da Ciência. As revistas escolhidas previamente foram a Revista Brasileira de História da Ciência (RBHC), a Revista

Brasileira de Ensino de Física (organizada pela Sociedade Brasileira de Física - SBF), cujos artigos estão disponíveis na base de dados Scielo, e o Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF).

A pesquisa foi conduzida em quatro etapas, desde a escolha das revistas até a elaboração das resenhas finais.

### **Detalhando as etapas da pesquisa:**

- 1º etapa: escolha das revistas;
- 2º etapa: aplicação dos descritores para o levantamento inicial dos achados;
- 3º etapa: aplicação dos filtros;
- 4º etapa: resenhando e cruzamento de ideias.

#### **1º etapa:**

A primeira etapa da pesquisa, se consolidou com um momento crucial de diálogo e alinhamento de ideias, pois essa fase inicial desempenha um papel decisivo para todo o desenvolvimento subsequente da pesquisa. As revistas foram escolhidas de modo a estarem alinhadas com a proposta da pesquisa, que se concentra nas áreas de História da Ciência, Radioatividade e Ensino de Física. Além disso, as revistas e a plataforma foram selecionadas por serem reconhecidos depósitos de trabalhos e pesquisas confiáveis.

#### **2º etapa:**

Na segunda etapa, ocorreu a preparação dos descritores e sua aplicação para realizar o levantamento da literatura. A busca nos arquivos ocorreu de maneira semelhante em todas as revistas. No Google Acadêmico, a busca foi até a página 5, enquanto nas demais revistas foram analisados todos os anos do período de 10 anos, ou seja, de 2013 a 2023.

#### **3º etapa:**

Na etapa seguinte da pesquisa, foram aplicados os filtros de pesquisa, codificados como 001, 002, 003 e 004. Cada código representa um nível de exigência que pode ser aplicado durante o levantamento dos achados, determinando a inclusão ou exclusão dos mesmos.

#### **4º etapa:**

Por fim, nesta fase, os artigos que permaneceram após as filtragens foram resenhados, permitindo uma comparação entre eles. Tal procedimento possibilitou identificarmos semelhanças e diferenças na literatura, contribuindo para uma análise sistemática mais precisa do material. Cada etapa da pesquisa foi organizada em tabelas para uma melhor visualização e sistematização dos dados. Na seção a seguir, descrevemos com mais detalhes de como se desenvolveu a pesquisa.

#### 4- ANÁLISE E RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO

A busca por literatura abrangeu várias etapas, começando de forma mais abrangente com a aplicação dos descritores na plataforma do Google Acadêmico. Nessa fase inicial, vários achados foram identificados, embora alguns tenham sido excluídos nas etapas subsequentes ao aplicar os filtros. Apesar das exclusões, essa busca inicial proporcionou uma visão geral das publicações relacionadas à temática. Posteriormente, as buscas foram mais específicas, direcionadas para revistas brasileiras, como a Revista Brasileira de Ensino de Física, o Caderno Brasileiro de Ensino de Física e a Revista Brasileira de Ensino de Física. Todas as pesquisas foram conduzidas em plataformas brasileiras, sem incluir fontes estrangeiras ou trabalhos em outras línguas. Assim como no Google Acadêmico, os achados foram organizados em tabelas.

No total, encontramos 29 achados no Google Acadêmico, 18 na Revista Brasileira de Ensino de Física, 48 no Caderno Brasileiro de Ensino de Física e 13 na Revista Brasileira de Ensino de Física, totalizando 108 achados de acordo com os descritores aplicados.

A próxima etapa, conforme a revisão sistemática de literatura, envolveu a aplicação de filtros, começando com o primeiro filtro codificado como 001, correspondente à análise de títulos.

Tabela 1- filtro 001- análise de títulos. Nessa filtragem foram analisados os títulos, classificando se os mesmos obedeciam às exigências dessa primeira fase, portanto definindo os critérios de inclusão e exclusão.

Revista	Radioatividade	História da Ciência	Ensino de Física	História da Ciência/Radioatividade	História da Ciência/Ensino de Física
Caderno Brasileiro de ensino de Física	4	10	31		3
Revista brasileira de história da ciência	-	15	1	-	1
Plataforma Google acadêmico	14	6	8		

Revista Brasileira de Ensino de Física	1	3	9	-	-
--	---	---	---	---	---

FONTE: Tabela produzida pela própria autora

Tabela 2- filtro 002- categoria palavras chaves- Nessa categoria foi feita uma análise das palavras chaves dos achados. O critério de inclusão e exclusão foi baseado se nas palavras chaves estaria de acordo com os descritores: Radioatividade, Ensino de Física e HC. Aqueles que não apresentassem nenhum desses descritores seriam automaticamente excluídos e retirados da tabela. Os demais que tivessem esses descritores, passariam a ser incluídos e iriam para a próxima fase de filtragem.

Revista	Radioatividade	História da Ciência	Ensino de Física	Radioatividade/História da Ciência	História da Ciência/Ensino
Caderno Brasileira de ensino de Física	-	9	24	3	3
Revista brasileira de história da ciência	-	5	-	-	1
Plataforma Google acadêmico	10	6	8	2	
Revista Brasileira de Ensino de Física	2	2	6	-	1

FONTE: Tabela produzida pela própria autora

Nessa fase da pesquisa, a plataforma Google Acadêmico foi excluída da análise, pois os achados encontrados nesta plataforma foram posteriormente identificados como publicações em revistas que atendem ou não aos critérios de inclusão. Como resultado, esses achados foram redistribuídos para as revistas específicas, Revista Brasileira de Ensino de Física e Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Isso levou a um aumento no número total de achados nessas categorias. Vale ressaltar que, em termos absolutos, esse número ainda é relativamente pequeno. A Revista Brasileira de Ensino de Física teve um aumento de 3 achados, e o Caderno Brasileiro de Ensino de Física também aumentou em 3 achados. Não é necessário adicionar uma tabela adicional, pois apenas houve um acréscimo nessa fase. Neste caso não se faz necessário acrescentar mais uma tabela. Já que foi

apenas acrescentado.

Tabela 3- filtro 004- categoria foco temático- Nessa filtragem foi feita uma análise dos resumos dos trabalhos, para identificar qual foco temático consiste a discussão dos achados. Essa filtragem foi necessária, para que dar encaminhamento para a próxima etapa da pesquisa, no caso as resenhas e traçar as ideias.

Revista	Radioatividade	História da Ciência	Ensino de Física	Radioatividade/História da Ciência	História da Ciência/Ensino
Caderno Brasileira de ensino de Física	2	-	-	2	1
Revista brasileira de história da ciência	1	1	-	-	1
Revista Brasileira de Ensino de Física	-	2	-	-	-

FONTE: Tabela produzida pela própria autora

Ao finalizar essa etapa percebemos que houve uma redução de 108 achados para 10 achados. Logo partindo desse resultado foram escritas as resenhas de cada um para que fosse possível identificar semelhanças entre eles.

## 5- ETAPA FINAL DA ANÁLISE SISTEMÁTICA DE LITERATURA: ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Na presente etapa foram desenvolvidas com o intuito de alinhar as ideias presentes nos textos, e assim estabelecer um comparativo entre essas ideias e a diferença do ano de publicação. Esses artigos foram organizados por títulos, nomes dos autores e a revista que foi publicada.

Tabela 4- CADERNO BRASILEIRO DE ENSINO DE FÍSICA

Título	Autores	Ano de publicação
Parâmetros para avaliar a produção literária em história e filosofia da Ciência voltada para o ensino e divulgação das ideias da Física.	Fábio Luís Alves Pena Elder Sales Teixeira	2013
Ensino de matéria e radiação no ensino médio com o auxílio de simuladores interativos	Antonio Augusto Soares Letícia Estevão Moraes Franciele Gonçalves Oliveira	2015
História da Ciência e Natureza da Ciência: debates e consensos	Anderson Vilas Boas Marcos Rodrigues da Silva Marinez Meneghello Passos	2013
	Sergio de Mello Arruda	
A inserção da Física Moderna e Contemporânea em ambientes reais de sala de aula uma sequência de ensino-aprendizagem sobre a radioatividade	Carlos Alexandre dos Santos Batista Maxwell Roger da Purificação Siqueira	2016

FONTE: Tabela produzida pela própria autora

Tabela 5- REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA

Título	Autore	Ano de publicação
Consequências das descontextualizações em	Marinês Domingues Cordeiro, Luiz O. Q.	2013

um livro didático: uma análise do tema radioatividade	Peduzzi	
História e a filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio	Angelita Morais , Andreia Guerra	2013
Aquecimento global: uma abordagem para o ensino de física	D.A. Magalhães	2014

FONTE: Tabela produzida pela própria autora

Tabela 6- REVISTA BRASILEIRA DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Título	Autore	Ano de publicação
História e filosofia da ciência no ensino de ciências e o debate universalismo versus relativismo	Kleyson Rosário Assis	2014
História da Ciência e experimentação perspectivas de uma abordagem para os anos iniciais do Ensino Fundamental	Grasiele Ruiz Silva	2014
O que a (controversa) participação de Mileva Maric-Einstein nos trabalhos publicados por Albert Einstein entre 1901 e 1905 pode ensinar sobre a iniquidade de gênero na história da ciência?	Renato Felix Rodrigues Laís Gedoz	2023

FONTE: Tabela produzida pela própria autora

Feito a organização, podemos perceber antes mesmo de ter apresentado as resenhas, que, de 10 publicações, apenas 1 tem um ano de publicação mais recente. Os demais achados estão entre os anos de 2013 e 2016. Logo podemos ter uma visão preliminar acerca de trabalhos publicados nesta área, percebendo um espaço de tempo de mais ou menos 7 anos sem publicações, o que pode indicar uma falta de interesse sobre a área

## **6- RESENHAS DOS ACHADOS: CRUZAMENTO DE IDEIAS**

A etapa final da pesquisa envolveu a resenha dos achados, visando extrair suas principais informações conforme as categorias estabelecidas: Radioatividade, HC e Ensino de Física. Essa abordagem segue os critérios da Revisão Sistemática de Literatura, buscando sintetizar as informações mais relevantes (Oliveira e Silva, 2012).

De acordo com o que exigido para uma pesquisa abordando o método de Revisão Sistemática da Literatura, a última etapa desse método requer resenhas caracterizadas por textos sucintos com informações relevantes para a pesquisa em questão, evitando excessos de detalhes (referenciar). A seguir, apresentarei as resenhas que passaram pelas filtragens e foram classificadas como mais adequadas à temática do presente trabalho.

### **Resenha 1: Parâmetros para avaliar a produção literária em História e Filosofia da Ciência voltada para o ensino e divulgação das ideias da Física**

Este achado concentra-se na análise de livros didáticos, especialmente os de Física. Os autores exploram as ideias que os professores podem ter ao se basear nesses materiais, defendendo a importância da inserção de elementos históricos e filosóficos para o desenvolvimento dos conceitos físicos de maneira mais epistemológica. Além disso, o texto destaca a escassez de pesquisadores brasileiros na área de HFC, oferecendo uma revisão sistemática para identificar aspectos positivos e negativos nos livros didáticos. A análise se concentra no uso e na aplicação da HFC nesses materiais.

### **Resenha 2: Ensino de Física e radiação no ensino médio com auxílio de simuladores interativos**

O texto aborda as tecnologias que podem ser aplicadas em sala de aula para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem. Destaca-se a importância desse enfoque em meio à revolução da modernidade, marcada pela globalização e pela ubiquidade da internet. Os autores argumentam que a Física precisa alinhar-se com a tecnologia e novas ideias emergentes. Eles exploram o uso de softwares e simuladores como ferramentas inovadoras no ensino de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea, aplicando essas tecnologias aos estudos de Radioatividade, espectroscopia e física nuclear, especialmente no contexto

ambiental.

### **Resenha 3: História da Ciência e da natureza da Ciência: debates e consensos**

O cerne deste texto é a discussão sobre HC e os conflitos das ideias Kuhnianas, além dos aspectos no que diz respeito a compreensão da HC para entendermos o panorama filosófico e sociológico e assim pontuando a sua importância para o ensino. Com isso, os conflitos Kuhnianos, dito no texto, estendem-se no que se refere à formação de cientistas e ensinar HC, para isso entender que há cientistas uma diferença entre os materiais e o acesso que os cientistas em formação podem contato.

### **Resenha 4: Inserção de Física Moderna e Contemporânea em ambientes reais de sala de aula: uma sequência de ensino aprendizagem sobre Radioatividade**

O texto aborda o conceito de Física Moderna e Contemporânea, concentrando-se no processo de ensino-aprendizagem. Os autores apresentam uma sequência didática que utiliza tópicos de Radioatividade, fundamentando-se em um modelo preexistente conhecido como Design Based Research (DRB), que se traduz como Pesquisa Baseada em Projeto. Ao incorporar os tópicos relacionados à Radioatividade, o texto sugere que essa temática pode ser abordada de diversas maneiras, tanto dentro quanto fora da sala de aula. Os autores enfatizam não apenas a compreensão dos tópicos relacionados à temática, mas também as inovações e práticas educacionais que podem ser proporcionadas.

### **Resenha 5: Consequência das descontextualização em livro didático: uma análise do tema Radioatividade**

Esse achado aborda a ideia de livro didático, utilizando as perspectivas de Thomas Kuhn e Chevallard. Baseando-se nos conceitos de Chevallard, e suas ideias sobre transposições didáticas. Os autores analisam os livros didáticos para investigar vestígios do processo de descontextualização da Radioatividade, explorando as implicações epistemológicas dessa análise. Os autores argumentam que as imagens presentes nos livros distorcem o trabalho científico. O texto é dividido em tópicos, como raios X, modelo atômico e termos relacionados à Radioatividade e modelagem nucleares, abordando cada tópico com uma perspectiva histórica. Além disso, o texto discute temas comumente abordados ao

ensinar Radioatividade em sala de aula.

### **Resenha 6: História da Ciência: Caminhos para a inserção de temas de Física Moderna nos estudos de energia na primeira série de ensino médio**

Este achado aborda tópicos da Física Moderna e Contemporânea (FMC) em turmas de ensino médio com uma abordagem histórica e filosófica, enfatizando o desenvolvimento da Ciência. O texto destaca uma abordagem externalista da Ciência, defendendo a ideia de que a Ciência é uma criação humana. Ao abordar a FMC no primeiro ano do ensino médio sem o uso de formalismos matemáticos, os autores incorporam a História da Ciência (HC) e a filosofia para explorar os conceitos relacionados à FMC. Além disso, utilizam a HC para explicar e demonstrar o desenvolvimento da Ciência.

### **Resenha 7: Aquecimento global: uma abordagem para o ensino de Física**

Este artigo fornece informações sobre as mudanças climáticas e seu impacto nas esferas sociais e econômicas. Ele destaca o papel da Física nesse contexto, discutindo suas contribuições e limitações. Os autores fundamentam sua análise em documentos oficiais, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) e as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN), para aprofundar o entendimento no que diz respeito ao ensino de Física e à formação de professores. O trabalho realiza uma revisão sobre as mudanças climáticas, abordando especificamente o balanço energético Sol-Terra. A organização por tópicos facilita a abordagem separada dos diversos assuntos discutidos no artigo.

### **Resenha 8: História e Filosofia da Ciência no ensino de Ciências e o debate universalismo versus relativismo**

Este texto inicia explorando a Natureza da Ciência, destacando as diferenças de interesses entre cientistas e professores de ciências no que diz respeito à filosofia da Ciência, suas indagações e respostas consideradas insuficientes pelo autor. Ao comparar o professor com o cientista, os autores ressaltam a diversidade epistemológica das ciências, enfatizando que a disciplina de Ciência varia de acordo com o ramo seguido. O texto aborda a evolução da ideia de Ciência ao longo do século XX e examina a concordância entre a natureza da ciência discutida na

filosofia e as práticas pedagógicas. Os autores realizam uma análise comparativa das crenças dos profissionais da educação, contextualizando aspectos da História e Filosofia da Ciência (HFC) com o ensino.

### **Resenha 9: História da ciência e a experimentação: perspectivas de uma abordagem para anos iniciais do ensino fundamental**

Os autores baseiam-se em Matthews para orientar as discussões sobre História e Filosofia da Ciência (HFC) e o ensino da ciência, buscando compreender como a HFC pode contribuir para aprimorar a forma de ensinar e como essa ferramenta pode ser implementada em sala de aula. Eles propõem alinhar a temática trabalhada em sala de aula com fatos históricos, visando uma abordagem mais contextualizada. Os autores destacam que a HFC não é linear e seus processos podem ser lentos, apresentando perspectivas tanto internalistas quanto externalistas da HFC.

### **Resenha 10: O que a (controversa) participação de Mileva Maric-Einstein nos trabalhos publicados por Albert Einstein entre 1901 e 1905 pode ensinar sobre a iniquidade de gênero na história da ciência?**

O texto aborda a sub-representação das mulheres no campo da ciência, destacando suas contribuições muitas vezes ocultadas ou desmerecidas. Utiliza o caso de Mileva Maric, primeira esposa do cientista Albert Einstein, para argumentar sobre a invisibilidade das mulheres na ciência. O texto é estruturado em tópicos que exploram a formação e vida de Mileva. Os autores realizam uma análise sistemática da literatura, abrangendo o período de 2008 a 2018, para contextualizar historicamente os eventos e destacar a importância do ensino sobre mulheres que contribuíram para o desenvolvimento da ciência.

Tabela 7- Nesta tabela será feito um cruzamento de ideias entres os textos resenhados e assim compreender como estão sendo as publicações e quais os assuntos mais abordados nos últimos dez anos. Para não precisar de utilizar novamente os títulos, as resenhas serão listadas na mesma ordem que foram feitas e com a mesma codificação.

Tabela 7- Cruzamento de ideias de acordo com as resenhas

Resenhas	Temática discutida
Resenha 1 e Resenha 5	Neste primeiro achado é feita uma abordagem sobre os livros didáticos, assim como uma abordagem HFC, foi feita uma

	análise da literatura para que fosse possível investigar na literatura pontos negativos e positivos dos textos nos livros didáticos. Assim como no achado 5, que buscou não de forma sistemática, mas analisou livros didáticos usando da mesma forma uma abordagem histórica. Porém os dois achados são voltados para o ensino e HC
Resenha 2	No achado 2, não foi possível identificar nenhum outro achado que pudessem cruzar as ideias e encontrar semelhanças.
Resenha 3	O texto traz uma visão mais histórica e a formação de cientistas. Porém as ideias do texto são voltadas para o ensino.
Resenha 4 e Resenha 6	Os achados em questão trazem para o texto uma discussão sobre FMC através dos estudos de radioatividade, com uma abordagem HC. Na qual os textos trabalham com a temática radioatividade.
Resenha 7	Nesse achado através da resenha foi possível identificar que se trata de um texto abordando o ensino de Física com uma abordagem aplicada às questões ambientais, através de explicações com modelagem matemática.
Resenha 8 Resenha 9 Resenha 10	Esses são textos mais históricos, na qual os mesmos trazem em sua escrita fatos históricos mais sofisticados e termos próprios da HC. Porém os textos das resenhas 8 e 9 fazem uma abordagem para o ensino enquanto o texto da resenha 10 é mais voltado para a HC.

FONTE: Tabela produzida pela própria autora

Portanto, pelo exposto podemos concluir que, parece existir um interesse crescente nos últimos 10 anos há um interesse em relação da HC aplicada ao ensino, se tornando uma ferramenta em potencial para ser trabalhada em sala de aula nos mais diversos conteúdos, pois ao analisar o cruzamento de ideias vimos que muitos abordam a HC para explicar, apoiar nas teorias e utilizam historiador para se basear. Por outro lado, a temática relacionada a Radioatividade é pouco trabalhada e discutida na área de ensino.

## 7- PERSPECTIVAS FINAIS

Através da aplicação da Análise Sistemática da Literatura, foi possível identificar uma abundância de pesquisas relacionadas às três temáticas da presente pesquisa: Radioatividade, História da Ciência (HC) e Ensino de Física. Notavelmente, essas pesquisas não estão exclusivamente presentes em revistas e periódicos dedicados à área da Física. Ao utilizar os descritores no Google Acadêmico, foi possível obter uma visão geral das publicações em periódicos.

Especificamente em relação à Radioatividade, observou-se que os achados mais relevantes estavam em revistas de outras áreas, como a Química. Este descritor apresentou desafios, pois muitos dos achados relevantes não estavam dentro do período estipulado (2013 a 2023). Isso levantou a questão do interesse nesta área, dado que a análise indicou uma escassez de pesquisas sobre Radioatividade. Dos últimos 10 achados, apenas 2 abordaram essa temática, sendo que, nesses casos, também se discutiu a HC e o Ensino de Física no contexto da Física Moderna e Contemporânea (FMC).

Por outro lado, ao aplicar descritores em revistas voltadas para o ensino de Física e para a área de HC, os números de achados foram significativamente maiores em comparação com a Radioatividade. As resenhas indicaram que a aplicação da HC na área de ensino é comum, sugerindo que pesquisas com bases históricas para o ensino de Física estão ganhando notoriedade como ferramentas educacionais potenciais. Em suma, a análise dos periódicos e plataformas de dados de pesquisa revelou uma crescente presença de estudos centrados na utilização da HC, destacando sua importância no contexto educacional, juntamente com a História da Ciência e o Ensino de Física.

A sua observação destaca uma mudança significativa no modo como a ciência é abordada e compreendida. A ênfase crescente na História da Ciência (HC) mostra uma preocupação não apenas com a aplicação de teorias e fórmulas matemáticas, mas também com a narrativa e o contexto histórico por trás dessas descobertas. Esse movimento reflete uma abordagem mais holística da ciência, reconhecendo que a pesquisa científica é moldada por contextos históricos, sociais e culturais.

A análise também evidencia como os estudos sobre Radioatividade transcendem as fronteiras da Física e têm impactos em várias áreas do conhecimento, alinhando-se ao movimento de Ciência, Tecnologia, Sociedade e

Ambiente (CTSA). Essa interconexão destaca que as descobertas científicas, como a Radioatividade, não apenas influenciam a ciência e a tecnologia, mas também têm implicações sociais, ambientais e culturais.

Portanto, a inclusão da HC nas pesquisas e no ensino não só enriquece a compreensão da ciência, mas também promove uma visão mais completa e contextualizada da produção científica. Essa abordagem mais ampla não apenas enriquece o conhecimento dos estudantes, mas também oferece uma perspectiva crítica sobre como a ciência impacta e é impactada pelo mundo ao nosso redor.

Sendo assim, posso afirmar que a presente pesquisa não finaliza aqui, mas além de abrir espaços para outras pesquisas, não posso finalizar com afirmações prontas e acabadas e sim com questionamentos. Porque não há interesses na área que envolve HC e Radioatividade?. Outro questionamento pertinente é: será que as escolhas dos periódicos influenciaram para este resultado, deveria aumentar o número de periódicos para obter um novo resultado?

Desse modo, além desses questionamentos posso afirmar que, a pesquisa em questão pode vir auxiliar professores da educação básica, pois além de trazer informações, resenhas de textos atuais que possam vir dar apoio nas aulas de Físicas nos conteúdos que envolva a FMC relacionada a temática Radioatividade, mas também traz indicações de plataformas de pesquisas confiáveis que profissionais docentes podem fazer uso para novas investigações e até mesmo para pesquisas de outras temáticas.

## REFERÊNCIAS

ALEKSIÉVITCH, Svetlana. **As últimas testemunhas: crianças na Segunda Guerra Mundial**. Editora Companhia das Letras, 2018.

BRIZOLA, J., & FANTIN, N. (2017). Revisão da literatura e revisão sistemática da literatura. **Revista De Educação Do Vale Do Arinos - RELVA**, 3(2).

SILVA, Divanny Costa da. **Proposta de sequência de ensino-aprendizagem utilizando história da ciência no ensino médio: a radioatividade e a presença feminina no campo das ciências naturais**. BS thesis. Brasil, 2022.

GALVÃO, Taís Freire. MAURICIO Gomes Pereira. "Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração." **Epidemiologia e serviços de saúde** 23 (2014): 183-184.

GILBERT, Martin. **A segunda guerra mundial**. Leya, 2012.

GILBERT, Martin. **A Segunda Guerra Mundial: os 2.174 dias que mudaram o mundo**. Leya, 2014.

GUERRA, Elaine Linhares de Assis. **Manual de pesquisa qualitativa**. Belo Horizonte: Grupo Anima Educação, 2014.

KUHN, Thomas S. *Estrutura das Revoluções Científicas*. 5. ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 1998.

LILIAN L. A. P. MARTINS, "História da Ciência: Objetos, Métodos e Problemas," **Ciência & Educação** 11, nº 2 (2005): 305-317.

MARTINS, Roberto de Andrade. Física e história. **Ciência e Cultura**, v. 57, n. 3, p. 25-29, 2005.

MARTINS, Roberto Vieira. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, p. 27-45, 1990.

OLIVEIRA, Rilavia Almeida de, SILVA, Ana Paula Bispo da. "História da ciência e ensino de física: uma análise meta-históricográfica." **Temas de história e filosofia da ciência no ensino** (2012): 41-64.

ROSA, K.; SILVA, M. R. G. da. Feminismos e ensino de ciências: análise de imagens de livros didáticos de Física. **Revista Gênero**, v.16, n.1, p. 83 – 104, 2º sem. 2015.

BRIZOLA, J., & FANTIN, N. (2017). Revisão Da Literatura E Revisão Sistemática Da Literatura. **Revista De Educação Do Vale Do Arinos - RELVA**, 3(2).