



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**

**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

**CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM QUÍMICA**

**DIVANNY COSTA DA SILVA**

**PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM UTILIZANDO  
HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO MÉDIO: A RADIOATIVIDADE E A  
PRESENÇA FEMININA NO CAMPO DAS CIÊNCIAS NATURAIS**

**RECIFE**

**2022**

DIVANNY COSTA DA SILVA

**PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM UTILIZANDO  
HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO MÉDIO: A RADIOATIVIDADE E A  
PRESENÇA FEMININA NO CAMPO DAS CIÊNCIAS NATURAIS**

Monografia apresentada como pré-requisito de conclusão do Curso de Licenciatura Plena em Química, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, tendo como orientadora a Professora Maria Ângela Vasconcelos de Almeida.

**RECIFE**

**2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S586p

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 / Divanny Costa da Silva. - 2022.  
69 f. : il.

Orientadora: Maria Angela Vasconcelos de Almeida.  
Inclui referências e apêndice(s).

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Licenciatura em Química, Recife, 2022.

1. Mulheres nas Ciências. 2. Marie Curie. 3. História da Ciência. 4. Sequência de ensino- aprendizagem. I. Almeida, Maria Angela Vasconcelos de, orient. II. Título

CDD 540

---

DIVANNY COSTA DA SILVA

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM UTILIZANDO HISTÓRIA  
DA CIÊNCIA NO ENSINO MÉDIO: A RADIOATIVIDADE E A PRESENÇA FEMININA  
NO CAMPO DAS CIÊNCIAS NATURAIS

Monografia apresentada como pré-requisito de conclusão do Curso de Licenciatura Plena em Química, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, tendo como orientadora a Professora Maria Ângela Vasconcelos de Almeida.

APROVADO EM 20/10/2022.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dra. Maria Ângela Vasconcelos de Almeida – UFRPE

Orientadora

---

Prof. Dra. Edenia Maria Ribeiro do Amaral – UFRPE

Primeira Examinadora

---

Prof. Dra. Suely Alves da Silva – UFRPE

Segunda Examinadora

RECIFE – 2022

Dedico este trabalho para as mulheres que se fizeram presente no desenvolvimento da ciência, e todas as mulheres que lutam diariamente por sua existência e sobrevivência.

## AGRADECIMENTOS

“Hoje eu só vim agradecer por tudo que Deus me fez, quem me conhece sabe o que vivi e o que passei [...]”

(IZA)

No início dessa trajetória acadêmica, eu pensei que a graduação era somente minha, que não dependia de ninguém além de mim mesma. Com o tempo eu percebi que não era bem depender, mas sim, contar com pessoas para chegar mais longe e aprender a suportar o processo. Foi aí que eu entendi que nada era de fato só meu, e tudo que eu faço, além de ser para mim, é por nós. E é justamente a esse “nós” que eu vir agradecer.

Agradeço a minha maior rede de amor, minha família, meus pais, eu sempre serei grata por todo o apoio e incentivo. Mãe, obrigada por realizar meus sonhos, mesmo que isso signifique abdicar os seus.

À professora Ângela Almeida, por me orientar na construção desse trabalho, por ter me recebido com tanto carinho, atenção e paciência.

Aos meus amigos da UFRPE, que tiveram participação durante a minha graduação, me ajudando a enfrentar todos os obstáculos e sempre me fazendo sorrir nos momentos mais difíceis. Flávia, Evellin e Brenda, sou muito grata por dividir momentos únicos com vocês. Camilla e Bárbara, obrigada por me acolherem, jamais esquecerei nossas conversas, choros e muitos risos. Camila Melo, obrigada por dividir comigo toda angústia desse final de curso, por ser uma amiga tão compreensiva e paciente.

Aos meus amigos, Ithalo e Raphaela, que me apoiam em todos os setores da minha vida, me mostrando que é mais fácil caminhar quando temos amigos que podemos dividir nossas inquietações e alegrias.

À Sara e Vinícius, obrigada por estarem ao meu lado, durante um certo período da graduação, me apoiando, incentivando, principalmente nos momentos em que eu estava mais perdida e sozinha.

Às professoras Giselle Nanes e Maria Elizabete sou muito grata por tudo, por todas as vezes que me apoiaram, estenderam a mão e foram meus maiores exemplos do que é ser professora. E aos professores do Departamento de Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco, todos contribuíram para a minha formação como futura licenciada.

“Eu não sou livre enquanto alguma mulher não o for, mesmo quando as correntes dela forem muito diferentes das minhas. ”

(Audre Lord)

## RESUMO

Este trabalho buscou desenvolver uma sequência de ensino-aprendizagem sobre a radioatividade a partir do trabalho de Marie Curie, e promover aos estudantes uma visão menos androcêntrica acerca da ciência. Para construção e desenvolvimento desta sequência nos orientamos pelas concepções teorizadas por Mehéut e Psillos, onde buscou promover o entrelaçamento das dimensões epistêmica e pedagógica por meio da História da Ciência (HC) como estratégia metodológica capaz de favorecer no processo de ensino-aprendizagem. A partir disto foi elaborado cinco atividades associadas a evolução histórica, que propõe dissertar sobre a história da radioatividade a partir do importante trabalho de Marie Curie, compreendendo o fenômeno, os efeitos, riscos e benefícios da radioatividade na sociedade. Conclui-se que a proposta de sequência pode possivelmente, contribuir significativamente para o processo de ensino aprendizagem se contrapondo a uma visão de ciência a-histórica, linear, descontextualizada, que segue corroborando para o apagamento feminino, assim diminuindo os impactos causados pelo patriarcado. Além disso, propicia o desenvolvimento do saber científico pautado na contextualização de ciência socialmente construída.

**Palavras-chave:** Mulheres nas Ciências. Marie Curie. História da Ciência. Sequência de ensino- aprendizagem.

## RESUMEN

Este trabajo buscó desarrollar una secuencia de enseñanza-aprendizaje sobre la radiactividad a partir del trabajo de Marie Curie, y promover a los estudiantes una visión menos androcéntrica acerca de la ciencia. Para construcción y desarrollo de esta secuencia nos orientamos por las concepciones teorizadas por Mehéut y Psillos, donde buscó promover el entrelazamiento de las dimensiones epistémica y pedagógica por medio de la Historia de la Ciencia (HC) como estrategia metodológica capaz de favorecer en el proceso de enseñanza-aprendizaje. A partir de esto fue elaborado cinco actividades asociadas a la evolución histórica, que propone disertar sobre la historia de la radiactividad a partir del importante trabajo de Marie Curie, comprendiendo el fenómeno, los efectos, riesgos y beneficios de la radiactividad en la sociedad. Se concluye que la propuesta de secuencia puede posiblemente contribuir significativamente al proceso de enseñanza aprendizaje contraponiéndose a una visión de ciencia a-histórica, lineal, descontextualizada, que sigue corroborando para el borrado femenino, así disminuyendo los impactos causados por el patriarcado. Además, propicia el desarrollo del saber científico pautado en la contextualización de ciencia socialmente construida.

**Palabras clave:** Mujeres en las Ciencias. Marie Curie. Historia de la Ciencia. Secuencia de enseñanza- aprendizaje.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1:	Sufragistas	19
Figura 2:	Maria Skłodowska e sua irmã Bronya	24
Figura 3:	Pierre Curie e Marie Skłodowska	26
Figura 4:	Experimento de Rutherford	31
Figura 5:	Radiação Alfa	31
Figura 6:	Radiação Beta	31
Figura 7:	Radiação Gama	31
Figura 8:	Losango Didático	35
Figura 9:	Abordagem de conflito cognitivo	36
Figura 10:	Radiografia da mão de Albert V. Kolliker	41
Figura 11:	Caça palavra do texto 1	45
Figura 12:	Caça palavra do texto 2	46
Figura 13:	Caça palavra do texto 3	47
Figura 14:	Caça palavra do texto 4	48
Figura 15:	Caça palavra do texto 5	49
Figura 16:	Experimento reproduzido por Rutherford	53
Figura 17:	Decaimento Alfa	53
Figura 18:	Decaimento Beta	54
Figura 19:	Meia-vida e atividade de alguns núclídeos	56
Figura 20:	Fusão	56
Figura 21:	Fissão	57

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>17</b>
2.1	REVISITANDO UM PASSADO NÃO DISTANTE: ONDAS DO FEMINISMO....	17
2.2	O PAPEL DA CIENTISTA MULHER E SEU APAGAMENTO X MARIE CURIE	21
2.3	RADIOATIVIDADE.....	29
<b>2.3.1</b>	<b>Decaimento Nuclear.....</b>	<b>30</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>38</b>
4.1	APRESENTAÇÃO GERAL DA SEQUÊNCIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM...	38
<b>4.1.1</b>	<b>Apresentação da atividade nº 1.....</b>	<b>40</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Apresentação da atividade nº 2.....</b>	<b>43</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Apresentação da atividade nº 3.....</b>	<b>49</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Apresentação da atividade nº 4.....</b>	<b>59</b>
<b>4.1.5</b>	<b>Apresentação da atividade nº 5.....</b>	<b>60</b>
4.2	DISCUSSÃO DAS ATIVIDADES.....	61
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>65</b>
	<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>69</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Tradicionalmente o ensino de ciência segue um modelo enrijecido, onde baseia-se na utilização e memorização de fórmulas, equações matemáticas, leis e teorias. No qual, podemos observar uma dificuldade dos/das estudantes no entendimento e na contextualização desses conteúdos, em que se acredita numa distinção entre ciências exatas e humanas.

Diante disso, surge a necessidade de quebrar paradigmas acerca dessa ciência, ou seja, precisa-se parar de seguir um modelo dito como padrão, tornando-a mais interessante, contextualizada e fruto de sua sociedade. Para isso, a história da ciência (HC) mostra-se como estratégia metodológica capaz de contribuir para a alfabetização científica. Assim, favorecendo a capacidade de compreender a ciência para além de um conhecimento linear e socialmente neutro.

Como destaca Mach (1883, p. 316), ao salientar a importância da investigação histórica para o progresso da ciência, pois, conhecendo o passado podemos entender como chegamos aos conceitos e crenças atuais. “A fim de que os princípios que guarda como tesouros não se tornem um sistema de preceitos apenas parcialmente compreendidos ou, o que é pior, um sistema de pré-conceitos”.

Desta maneira, contribuindo para um ensino de ciências que promova criticidade dos alunos e alunas, minimizando as características de uma abordagem tradicionalista. De modo geral, a história da ciência possibilita para facilitar o ensino, porque além de humanizar o conteúdo, motiva e atrai os alunos, assim favorecendo para compreensão dos conceitos científicos. (Matthews 1995, p. 172)

Além disso, o ensino de química abrangido ao ensino de ciências, carrega tais características que, conseqüentemente, não contribuem de forma significativa para a formação de conceitos adequados em relação a natureza da ciência.

Como sinaliza os autores Solbes e Traver (1996) no que diz respeito a um ensino de química que segue de forma linear, abordando aspectos histórico desprovidos de contexto utilizando a história da ciência como complemento, curiosidade e não como abordagem eficaz para ser implementada para favorecer o ensino aprendizagem. E que, quando utilizada, de maneira aligeirada, introduz simplificações acarretando erros e apagamentos na história da química. Portanto, os/as estudantes continuam com uma imagem deformada de como se estabelecem e evoluem os conceitos científicos.

Diante disso, surge a necessidade de se conhecer a história da química de forma mais próxima da realidade, sem considerar apenas os grandes heróis o que acaba favorecendo

apagamentos de tantos outros que contribuíram para a construção de cada um dos conceitos, visto que, se for contar história precisa-se contar uma história que busque se aproximar da verdadeira história, para seguir contribuindo para os estudantes compreenderem como ocorre a produção do conhecimento. “Toda história é história contemporânea: tem um compromisso com o presente, ou seja, interroga o passado tomando como referência questões que fazem parte de nossa vida”. (PERROT, M. 2019, p. 11)

E a história das mulheres inseridas no âmbito das ciências naturais também precisa ser contada, para assim dar protagonismo e voz para aquelas tantas vozes que foram caladas por muito tempo.

Em meados do século XXI ainda é notório o apagamento feminino nas ciências, o estereótipo enraizado do que é ser mulher na sociedade patriarcal<sup>1</sup>, que dita como as meninas devem se comportar, vestirem, qual carreira seguir, permanece contribuindo com o apagamento delas. Ser uma mulher cientista significa que você precisa trabalhar e se destacar dez vezes mais que um homem, para assim ser reconhecida. Visto que, vivemos numa sociedade que propaga ideias que conduzem as mulheres a uma condição de submissão ao sexo masculino.

Na maioria das vezes, quando os/as alunos/as ouvem a palavra “cientista” associam quase que de imediato a exemplos masculinos, tais como Isaac Newton, Charles Darwin, Dalton e Einstein, mas por que nomes femininos não surgem com mais frequência? A contribuição das mulheres na ciência é assim tão insignificante? “Quem fora responsável por demarcar seus lugares na história da ciência?” (SILVA, Q. 2020, p. 12)

Num rápido exercício de observação, admitimos, tal qual Chassot (2004, p.16) a necessidade de exercermos um esforço para que se removam adjetivos de uma ciência masculina que se deve, talvez, a partir de nossa ancestralidade marcada por nossas convicções baseadas e fortalecidas no tríplice das doutrinas greco-judaica-cristã.

O apagamento feminino se estende por todas as esferas sociais, não se limitando as ciências naturais, fortalecido pelos discursos excludentes que são reproduzidos pela sociedade desde os primórdios, respaldado nas concepções que fundamentaram a base de nossa sociedade, assim, exercem poderes sobre a figura feminina.

Na atualidade, observa-se que a discussão sobre gênero está em pauta, falar sobre a liberdade da mulher, o poder feminino se tornou algo mais natural. Entretanto, mesmo com

---

<sup>1</sup> Forma de organização política, econômica, religiosa, social baseada na ideia de autoridade e liderança do homem, no qual se dá o predomínio dos homens sobre as mulheres. (REGUANT, D. 1996, p. 20)

essa vertente estando presente em alguns espaços, observa-se que a mulher ainda não obteve sua ascensão e reconhecimento em todos os âmbitos, inclusive nas aulas de química. E para além disso, observa-se também que, na maioria das vezes, não se propõe ações para chegar a tal.

Toda uma vida marcada por batalhas, para ser ouvida, para ser vista, para ter um lugar de fala e, infelizmente, essas batalhas não se resumem a uma só vivência, mas está presente na vida de milhares de mulheres que seguem lutando nessa mesma guerra. Entretanto, nesse momento irei me limitar apenas à minha experiência como mulher e futura professora<sup>2</sup>.

Durante meu processo de desconstrução e reconstrução social, enquanto mulher, mulher periférica e estudante de licenciatura em química, comecei a perceber situações que reproduziam o apagamento feminino, não só na química, mas também no âmbito social; episódios diários que aconteciam comigo, com minhas amigas, com amigas de amigas, episódios que passavam nos noticiários.

Um dos episódios mais recentes – não o mais cruel, porém, que me fez acreditar e refletir sobre a importância da minha pesquisa, foi estar numa lanchonete com um amigo de curso, voltando do estágio, e durante uma rápida conversa com a atendente (uma mulher, jovem, isso fez-me questionar o quão mulheres reproduzem e acabam diminuindo outras mulheres mesmo que inconscientemente), no qual, ela me questionou sobre meu trabalho.

Ao ouvir que eu era estagiária e estava dando aula de química, ela ficou surpresa e falou que eu não tinha aparência de uma professora de química. Perguntei o que eu parecia ser, e em seguida ela respondeu “atendente de salão de beleza, tão arrumadinha”. Logo após, ela disse que o meu amigo sim tinha cara de professor de química, e que eu poderia parecer professora de português também. Isso me fez perceber o quão as mulheres ainda estão desvinculadas da imagem do fazer ciência, do fazer química, e seguem sendo vinculadas a profissões que exercem e demonstram sua feminilidade.

Isso me gerou questões intrigantes quanto a ser mulher, me fez pensar no meu papel na sociedade, como eu poderia contribuir para uma educação mais igualitária, que as mulheres fossem menos silenciadas, esquecidas e estereotipadas. “Foi o olhar para esse passado que me fez perceber que não tenho o direito de recuar: caímos, choramos, mas continuamos seguindo em frente por aquelas que vieram e por aquelas que virão”. (PINHEIRO, B. 2020, p.18).

---

<sup>2</sup> Em alguns momentos do trabalho falaremos em primeira pessoa, quando tais trechos relatarmos, em específico, as experiências pessoais da autora.

Com o intuito de investigar a presença do debate sobre gênero e a inclusão de mulheres nos conteúdos de química, o presente trabalho teve como contexto de pesquisa uma escola pública do estado de Pernambuco, situada em Camaragibe, região metropolitana do Recife. A escola oferece o ensino fundamental e médio, tendo como missão assegurar a educação pública de qualidade social para todos. Visando garantir o acesso, a permanência e formação plena do estudante, pautada nos princípios de inclusão e cidadania.

Foi observado por meio de um questionário de sondagem, aplicado em uma turma do 3º ano do Ensino médio, uma dificuldade em relação ao conhecer a história da química. Além disso, foi percebida também, a dificuldade de associar as descobertas químicas ao gênero feminino. Nesse sentido, temos a intenção de elaborar ações que promovam o conhecimento sobre a história da química como objeto de aprendizado, favorecendo para que os/as estudantes de ensino médio entendam a natureza da ciência e aprendam de maneira significativa conceitos químicos. Além do mais, conheçam a história da química sem apagamentos, preconceitos e estereótipos.

Dessa forma, buscaremos por meio deste trabalho contribuir para que haja um reconhecimento da atuação feminina para o progresso da Química. Nessa perspectiva, a fim de ascender sua jornada e sua contribuição na história, escolhemos uma cientista que colaborou grandemente para o desenvolvimento da Química, Marie Skłodowska Curie, mais conhecida como Madame Curie.

A decisão quanto a escolha da cientista se deu pelo importante papel de Madame Curie sobre a descoberta da Radioatividade que marcou a química do século XX até a atualidade, mas também como exemplo de como mulher, esposa, mãe, cientista que vivenciou fortemente os preconceitos devido ao patriarcado tanto na academia como na sociedade. Portanto, vamos buscar confrontar aspectos sociais vivenciados por ela, e aspectos profissionais e como essas duas dimensões da vida dessa grande mulher impactaram suas ações na sociedade e na academia. É importante informar que inicialmente pensamos em desenvolver nosso TCC abordando o papel da cientista Marie-Anne Pierrette Paulze, esposa do fundador da química moderna (PEUMERY, 2000), Antoine Lavoisier, mas tivemos dificuldade de encontrar trabalhos sobre a mesma, portanto teríamos sérias dificuldades caso insistíssemos na escolha da figura da esposa de Lavoisier. Tal situação se configura como exemplo do apagamento das mulheres que ousaram contribuir para a ciência e não tiveram sua contribuição reconhecida.

Com este trabalho, tentaremos fazer com que os alunos e as alunas compreendam a importância do trabalho intelectual de Madame Curie retirando-a de um lugar meramente

subalterno para sua entrada entre os grandes cientistas do início do século XX, evidenciando suas lutas, conquistas e seu estudo sobre a radioatividade.

Nesse contexto, buscando minimizar os impactos de uma prática pedagógica tradicionalista, descontextualizada, que trata a ciência como neutra, a-histórica, e continua corroborando com o apagamento feminino, propomos a seguinte questão de pesquisa: De que maneira uma sequência didática utilizando HC pode contribuir para o processo de ensino e aprendizagem no conteúdo de radioatividade, favorecendo a inclusão da mulher e o debate sobre gênero nas aulas de química?

Observando a essa inquietante questão, procuramos nessa pesquisa: Desenvolver sequência de ensino-aprendizagem sobre a radioatividade a partir do trabalho de Marie Curie, promovendo aos estudantes uma visão menos androcêntrica acerca da ciência.

Para alcançarmos esse objetivo, elencamos os seguintes objetivos específicos:

Compreender o papel exercido por Madame Curie sobre construção histórica da Radioatividade.

Propor sequência de ensino-aprendizagem a respeito da história de Marie Curie, favorecendo o desenvolvimento do conhecimento científico pautado na contextualização de ciência como prática social.

A tentativa de estruturar uma sequência didática direcionada para a questão de gênero nas aulas de química se originou, também, por percepções de uma mulher, aluna, que sempre se sentiu ignorada, diminuída e, conseqüentemente, menos importante que os demais. Ao perceber que se tratava de uma característica comum do gênero feminino buscou encontrar um meio de reduzir tais sentimentos de futuras gerações de meninas que nascem condicionadas por esse sistema.

Para continuarmos abordando essa temática, o trabalho de conclusão de curso está dividido em três tópicos, são eles: Fundamentação teórica, que por sua vez, está subdividida em três subtópicos que apresentam a história do feminismo, a história de Marie Curie atrelada ao apagamento feminino nas ciências naturais, e por fim, a compreensão do fenômeno radioativo; Metodologia, que traz o conceito de sequência didática direcionado a teoria de Mehéut e Psillos; Resultados e discussão que apresentam a sequência de ensino-aprendizagem e a discussão acerca dela.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste item, discutiremos os assuntos que foram importantes para construção e contextualização do presente estudo. Para o desenvolvimento deste trabalho, elegemos os seguintes tópicos: Revisitando um passado não tão distante: Ondas do feminismo; O papel da cientista mulher e seu apagamento x Marie Curie; Radioatividade.

### 2.1 REVISITANDO UM PASSADO NÃO TÃO DISTANTE: ONDAS DO FEMINISMO

Se voltarmos ao passado, podemos observar que o apagamento feminino não está apenas vinculado a história da química, mas sim, a história das mulheres. E quando revemos a história das mulheres, é quase que impossível, não olharmos para a história do feminismo, pois muitas conquistas que as mulheres vêm tendo desde séculos passados, se deve a ascensão do mesmo.

Entretanto, algumas vezes o termo “feminismo” vem sendo usado com banalidade, visto que algumas pessoas o intitularam como algo negativo. O feminismo possui muitas definições, interpretações, e variam de acordo com a tentativa de englobar as diversas dimensões que existem nesse movimento, concordamos com Garcia (2011) quando define o feminismo como:

A tomada de consciência das mulheres como coletivo humano, da opressão, dominação e exploração de que foram e são objeto por parte do coletivo de homens no seio do patriarcado sob suas diferentes fases históricas, que as move em busca da liberdade de seu sexo e de todas as transformações da sociedade que sejam necessárias para este fim. Partindo desse princípio, o feminismo se articula como filosofia política e, ao mesmo tempo, como movimento social (GARCIA, C. 2011, p.13)

O feminismo esteve presente em vários marcos da história, exigindo não apenas os direitos das mulheres, mas também levantando e apoiando as reivindicações relacionadas a classes sociais. Se dividindo e se adequando as necessidades das mulheres de acordo com sua época, sendo marcado tradicionalmente por três importantes ondas, e uma quarta onda que ainda está sendo estudada. Corroboramos com Franchini (2017) ao definirmos tais ondas como: momentos da história em que existiu uma intensidade de movimentos organizados que alcançavam progressos na libertação feminina.

A primeira onda do feminismo se iniciou no final do século XVIII, isso não significa que antes disso não existiam mulheres feministas, existiam, mas não como um coletivo, essa primeira onda foi marcada pelas reivindicações do direito ao voto e a inserção das mulheres no mercado de trabalho. A França do século XVIII foi cenário da Revolução francesa, onde eram levantadas ideias do iluminismo, instaurando um progresso que após a revolução levou à

criação da Declaração dos Direitos do Homem e do Cidadão que se voltava para universalização dos direitos sociais. Conforme apontam os Artigos 1º e 2º presentes na Declaração de direitos do homem e do cidadão – 1789.

Art.1º. Os homens nascem e são livres e iguais em direitos. As distinções sociais só podem fundamentar-se na utilidade comum.

Art. 2º. A finalidade de toda associação política é a conservação dos direitos naturais e imprescritíveis do homem. Esses direitos são a liberdade, a propriedade a segurança e a resistência à opressão. (USP, 1978).

Tal declaração não incluía os direitos das mulheres, que assim como os homens participaram na linha de frente dessa revolução, isso despertou o sentimento de luta nas mulheres daquela época. Apresentaram sua indignação, mostrando-se conscientes da opressão vivida. Como destacou Cotrufelli (2007, p. 45) em um trecho de seu livro, em que por meio de uma queixa, as mulheres questionavam se um homem nobre não representava um plebeu, da mesma maneira, um homem não poderia representar uma mulher. Visto que para representar alguém deve-se ter os mesmos interesses. Assim, as mulheres não poderiam ser representadas por outro alguém, senão por mulheres.

Segundo Garcia (2011, p. 50) a revolução francesa foi um marco na derrota do feminismo, onde foi proibida a presença de mulheres feministas em qualquer âmbito político, oferecendo as mulheres que insistiam nessa ideia apenas dois destinos: a guilhotina ou o exílio. Com isso, as mulheres encararam a chegada do século XIX de pés e mãos amarradas, mas apesar disso, possuíam mais conhecimento político, e a certeza de que a luta havia começado.

No século XIX surge o feminismo, agora como um movimento presente em vários países, onde se ascendia fortemente o desejo e a luta pela igualdade política, liderado pelas chamadas sufragistas. “O sufrágio foi um movimento de agitação internacional, presente em todas as sociedades industriais que tinha dois objetivos centrais: o direito ao voto e os direitos educativos. Levou oitenta anos para conquistar ambos, o que supõe três gerações de militantes”. (GARCIA, C. 2011, p.57)

Figura 1: Sufragistas.



Fonte: Wikipédia

Entretanto, essas mulheres presentes nessas ondas tinham uma característica de mulheres brancas e de classe social alta que tiveram acesso à educação, mesmo que não fosse uma educação formal. Muitas das reivindicações eram baseadas na vivência desse grupo, não olhando para todas as diversas opressões que a mulher de diferente classe e raça poderia sofrer. Apesar disso, o sufrágio foi importante para unir essas mulheres, onde no ano de 1850 pela primeira vez foi olhado, em específico, para as opressões vividas pelas mulheres negras.

Durante esse período, uma ex-escravizada que fazia parte do movimento abolicionista, Sojourner Truth, foi responsável por fazer o primeiro discurso que marcava o desenvolvimento do feminismo das mulheres negras.

[...] Este homem diz que as mulheres necessitam da ajuda dos homens para subirem nas carruagens, cruzar as ruas, e que devem ter o melhor lugar em todas as partes. Mas a mim ninguém me ajuda a subir em carruagens, nem me deixam o melhor lugar. Por acaso eu não sou uma mulher? Olhem-me! Olhem meus braços! Eu ari e plantei e colhi e nenhum homem era melhor do que eu! E por acaso eu não sou uma mulher? [...] (SCHENEIR, M. 1972, p. 94).

Depois desse discurso, as mulheres começaram a olhar para outras vertentes que engloba o ser mulher. Suas diferentes opressões para além do gênero como, a raça, classe e sexualidade.

A segunda onda do feminismo surge no século XX, que nesse momento não faz exigências como os direitos políticos e educacionais, visto que nesse período já haviam sido conquistados, se voltam para o fim da discriminação e a igualdade entre os sexos. Onde as mulheres daquela época começaram a se entender enquanto mulher que mesmo tendo seus direitos nos papéis, seguiam sendo submissas com a justificativa biológica de que mulheres deveriam seguir seu destino tradicional previsto por seu gênero.

De acordo com Garcia (2011) essa onda do feminismo começou a questionar os meios de ciências, cultura e conhecimento. Assim, concluindo que não era um processo espontâneo a partir do biológico a subordinação feminina, entretanto era um processo cultural. “Ninguém nasce mulher: torna-se mulher. Nenhum destino biológico, psíquico, econômico define a forma que a fêmea humana assume no seio da sociedade; é o conjunto da civilização que elabora esse produto intermediário entre o macho e o castrado que qualificam de feminino”. (BEAUVOIR, S. 1967, p. 9).

Foi também nessa onda que as feministas começaram a observar o conceito de família e as relações como dominação e poder sobre as mulheres. Era sobre a modificação do espaço privado.

[...] Identificaram como centros de dominação patriarcal esferas da vida que até então se consideravam privadas. A elas corresponde o mérito de terem revolucionado a teoria política ao analisar as relações de poder que estruturam a família e a sexualidade e sintetizam esta ideia no slogan: “O pessoal é político”. (GARCIA, C. 2011, p. 87).

De acordo com Franchini (2017), ainda que as feministas da segunda onda fossem pioneiras em perceber que apesar das diferenças entre as mulheres, todas ainda sofriam repressão com base no sexo, elas foram fundamentais nas críticas à exploração feminina por meio do casamento e da maternidade. Embora, esses grupos de feministas ainda fossem formados por mulheres brancas que faziam parte da academia, com base nisso, não abarcavam saberes acerca de todos os grupos de mulheres que ainda reivindicavam que suas particularidades também fossem contempladas.

Nesse sentido, na época de 1990 surge a terceira onda do feminismo, enquanto o feminismo negro ascende como movimento independente. Segundo Miranda (2015), essa nova onda do feminismo começa a olhar de forma crítica para o movimento, buscando corrigir as lacunas deixadas pela segunda onda, centrado na questão da raça e etnia, e incluindo temas como lesbianismo e prostituição.

Conforme Franchini (2017), as feministas da terceira onda começaram a evitar entender a mulher como grupo, pois reconheciam as variedades do conceito de ser mulher, assim, individualizando o movimento. “Para essas feministas, a ideia de união/unidade defendida pela segunda onda implicava necessariamente numa anulação das especificidades de cada grupo de mulher”. Sendo marcada também, pela apropriação dos estereótipos vinculados a imagem feminina, assim, defendendo a autonomia das mulheres, ou seja, cada mulher independentemente se mostra para a sociedade como bem desejar.

Segundo De Oliveira (2019), no início do século XXI com a propagação da internet e dos meios digitais, as opressões vivenciadas por mulheres passaram a ser divulgadas de forma mais ampla e com maior velocidade, se tornando assim, visualmente explícitas. Com isso surge a quarta onda do feminismo que ainda está sendo estudada e discutida na academia.

Essa onda, de acordo com Franchini (2017), tem como característica principal a utilização das redes sociais para popularização e conscientização dos conceitos feministas. Dessa maneira, informa Felgueiras (2017, p. 119) com relação ao ciberfeminismo, que “jovens militantes que foram criadas já na era digital e que compreendem o alcance desta ferramenta de comunicação e sabem muito bem como utilizá-la”. Com isso, desenvolve-se o ciberfeminismo.

Com essa efervescência do interesse no feminismo, renovada a partir de 2012, associada ao uso intensificado das plataformas de redes sociais, pode-se dizer que estamos vivendo uma quarta onda. O avanço das tecnologias de comunicação e informação estão sendo usadas para contestar a misoginia, o machismo, a LGBTfobia, a violência e crimes contra a mulher. Ao se apropriarem do ambiente virtual, as manifestações feministas atingem um número expressivo de pessoas globalmente, especialmente grupos mais jovens e de culturas periféricas. (DE OLIVEIRA, P. 2019, p. 77)

Dessa maneira, entendemos as variações do movimento feminista de acordo com as mudanças na sociedade, cabe ressaltar que mesmo alcançando maior notoriedade as opressões vividas pelas mulheres, infelizmente, ainda não foram erradicadas. E o feminismo segue vivo e se reinventando. Nesse sentido, entendemos o movimento feminista, com suas lutas, complexidades, e atrelamos isso a história da ciência, não esquecendo que a formação da ciência se deve ao contexto em que ela está inserida, levantando o questionamento de quem está à frente dessa ciência, quem dita suas regras e qual sistema político, econômico e social essa ciência busca apoiar.

## 2.2 O PAPEL DA CIENTISTA MULHER E SEU APAGAMENTO X MARIE CURIE

Olhemos a sociedade, para então, olharmos a ciência, pois não se pode analisar a ciência independente da sociedade, porque o progresso da ciência pertence a história da humanidade. (CHASSOT, A. 2004).

De acordo com Tosi (1998), a partir da Revolução científica no século XV houve a separação do mundo da matéria do mundo do espírito, que foi indispensável para a construção da ciência, pois desvinculava a religião do mundo da matéria, e este mundo começava a se desenvolver com base nas experimentações. Entretanto, essa mudança não foi tão simples, pois nesse mesmo século iniciava-se o período de caça às bruxas. Mesmo que a dita magia fosse praticada por ambos os sexos, as mulheres foram as mais punidas, chegando-se até em

certo momento, a ser dada a explicação de que o feminino só poderia ter tanto conhecimento apenas se por meio de um pacto com o mal primordial.

A mudança drástica ocorrida a partir do fim do século XV comportava a demonização da mulher, principalmente da mulher sábia. Aqueles conhecimentos empíricos, que as mulheres dominavam e praticavam desde épocas ancestrais, foram considerados suspeitos. Afirmava-se que dada sua fraqueza física e moral, sua limitada inteligência, sua carência de raciocínio, sua sexualidade incontrolável e sua lubricidade, a mulher era a vítima privilegiada de Satã. (TOSI, L. 1998, p. 375)

Desse modo, também ressalta Perrot (2019, p. 89), que as mulheres eram acusadas de muitas coisas, principalmente, pelo seu saber que ofendia a medicina e a razão por meio de suas práticas mágicas. Nesse sentido, de acordo com Monter (1982), essa perseguição às mulheres teve seu fim, mas não se deve à vitória da Revolução Científica, mas sim, a popularização do cartesianismo, marcado pelo seu caráter mecanicista, que possibilitou desligar-se o mundo material da alma.

Desde sempre é sabido e conhecido os impactos de diversos homens para o desenvolvimento da ciência que conhecemos hoje, entretanto quando se trata de reconhecer a influência das mulheres, não se tem o mesmo tratamento. Durante séculos de sua existência, as mulheres tiveram que submeter-se às vontades e crenças dos homens, que comandavam a sociedade e as áreas de conhecimento, principalmente aqueles voltados para as ciências da natureza.

Houve momentos em que as mulheres se levantaram e defenderam o direito de seu gênero e a igualdade, houve pesquisas e debates de como se dadas as mesmas chances de educação para as mulheres, as que eram dadas aos homens, certamente a barreira do gênero cairia, entretanto, os projetos não tinham continuidade, e aquelas que ousavam sonhar com essa mudança eram ridicularizadas, como nas peças teatrais feitas por Molière, como em *Les Précieuses Ridicules* (As preciosas ridículas) em 1659. A mulher devia se contentar com seu status de mãe e dona de casa, a não ser que fosse pertencente da burguesia, a elas foi destinado as artes, como a música, canto e a dança. (TOSI, L. 1998).

Existem motivos para que a ciência seja uma construção masculinizada, ressaltando que essa particularidade não é apenas da ciência, mas sim, da nossa sociedade que marca toda produção intelectual derivada dela. E quando a mulher decidiu adentrar tal espaço, foram resumidas a condições subalternas, como assistentes, colaboradoras de cientistas, sendo assim apagadas e ignoradas no meio científico. (CHASSOT, A. 2004; TOSI, L. 1998)

As luzes do século XX se acendiam, momento em que a ciência se mostrava no seu ápice de descobertas, ainda nas suas primeiras décadas o saber científico era culturalmente fundamentado como uma atividade masculina, e no decorrer do mesmo século ainda segregavam as profissões, separando-as em profissões para os homens e profissões para as mulheres. (CHASSOT, A. 2004)

Neste mesmo período, surge a mulher que é conhecida como a mulher do século XX, Marie Curie. Conforme nos apresenta, Silveira, *et al.* (2021), nascida como Maria Solomea Skłodowska, a cientista nasceu em Varsóvia, capital da Polônia, em 7 de novembro de 1867. Seus pais, dois professores, Bronislava Boguski e Wladyslaw Sklodowski, tinha cinco filhos, quatro meninas e um menino, todos os filhos eram incentivados a estudarem, pois, mesmo sendo uma família pobre, os pais de Maria Skłodowska sempre presaram pela educação. Maria assim como seu pai, que era professor de física e matemática, logo teve interesse pela ciência.

Segundo Silveira, *et al.* (2021), a infância de Maria foi bastante sofrida, marcada por grandes perdas, e dificuldades financeiras. O primeiro episódio marcante na vida de Maria e sua família foi a morte de sua irmã Zosia, que faleceu em decorrência de um tifo. Sua mãe Bronislava, lutava contra a tuberculose e estava cada vez mais debilitada. Então em 1878, quando Maria tinha apenas 10 anos a sua mãe veio a falecer, e essa veio a ser a segunda perda que marcava a história dessa ilustre cientista.

De acordo com Quinn (1997), antes da morte de sua mãe, Maria frequentava uma escola privada, mas logo após o falecimento da sua mãe, ela foi matriculada em um ginásio exclusivo para mulheres, onde era impedido falar em polonês. Mesmo com tantas dificuldades, ela conseguiu se formar em 1883, se destacando em primeiro lugar.

Silveira, *et al.* (2021), ressalta que após concluir o ginásio, Maria passou por algum tipo de colapso nervoso, no qual foi necessário seu pai enviar-lhe para passar um tempo com familiares no campo. Após esse difícil momento, ela não conseguiria ingressar na universidade, para assim realizar seu sonho, pois naquele período a universidade de Varsóvia proibia o ingresso de mulheres. Isso mostra que mesmo Maria vindo de uma família de estudiosos, mesmo sendo uma mulher inteligente, ela sofria por causa do seu gênero. Mesmo assim, ela e sua irmã Bronya não se intimidaram por esse sistema opressor, e buscaram estudar numa universidade clandestina, almejando estudar na Sorbonne, uma universidade na França que admitia estudantes mulheres. “[...] desafios nunca foram problemas para Marie [...] uma

vontade de ferro, um gosto quase maníaco pela perfeição e uma teimosia sempre marcaram o seu caráter”. (SAITOVITCH, *et al.* 2015, p. 19)

Figura 2: Maria Skłodowska e sua irmã Bronya.



Fonte: Wikipédia

Dessa maneira, Maria começou a trabalhar como governanta na casa de uma família que residia ao norte da Polônia, buscando recursos para custear a ida da sua irmã para Paris. No seu tempo livre, procurava dedicar-se aos estudos, física e matemática, pelos materiais enviados por seu pai. Além disso, nesse período ainda dedicava um tempo para ensinar crianças camponesas a ler, atividade que era proibida naquela época. (SILVEIRA, *et al.* 2021; QUINN, S. 1997).

Maria, por meio de seus escritos biográficos ressaltava o quão era difícil a busca pelo conhecimento "meus estudos em solitário eram muito dificultosos. A formação científica que tinha recebido revelou-se muito incompleta e muito mais pobre que a do bacharelado francês, assim tentei me atualizar com a ajuda de vários livros reunidos ao acaso." (CURIE, 2011, p. 129-130).

E assim como no combinado, Bronya havia ido estudar na Sorbonne, e ao se estabelecer na França, Maria seguiu o caminho de sua irmã. Em 1891, com seus 23 anos, Maria seguiu para Paris, morando um determinado tempo com sua irmã enquanto estudava na

Sorbonne, logo após, Maria se muda do apartamento de Bronya e vai morar próximo da universidade. Maria deixava de ser Maria, e então se tornava Marie Skłodowska. (SILVEIRA, *et al.* 2021; QUINN, S. 1997).

O quarto onde eu morava ficava num sótão, muito frio no inverno, por isso o aquecimento era feito por um fogão pequeno e muitas vezes faltava carvão. Durante um inverno particularmente rigoroso, onde não era incomum a água da bacia congelar à noite; para poder dormir, fui obrigada a juntar todas as minhas roupas como um cobertor. [Eu dormia] na mesma sala onde preparava minhas refeições, com o auxílio de uma lâmpada de álcool e alguns utensílios de cozinha. Estas refeições muitas vezes eram um pão com uma xícara de chocolate quente, ovos ou frutas. Eu não tinha nenhuma ajuda com as tarefas domésticas, e carregava o pouco carvão que utilizava subindo seis andares. (CURIE, 1923, p. 76, traduzido por Santos, P. 2018)

Mesmo passando por tais dificuldades, esse se tornava um dos melhores momentos para Marie, pois conseguia se dedicar aos seus estudos, e provava de uma liberdade que poucas mulheres daquela época puderam experimentar. A Sorbonne naquele período era uma das poucas instituições que aceitava mulheres e estrangeiros, Marie se destacava em ser uma das 23 alunas entre os 1825 alunos que faziam parte do curso de ciências, sendo destaque no meio acadêmico em física e matemática. No ano de 1893, ela recebeu seu primeiro título, a mulher estrangeira se tornava licenciada em física, Marie sempre se destacava nas atividades acadêmicas. (SILVEIRA, *et al.* 2021).

De acordo com Quinn (1997), um pouco antes de Marie concluir seus estudos na Sorbonne e retornar para Varsóvia, ela conheceu Pierre Curie, que futuramente viria a ser seu marido. Eles tinham muitas coisas em comum, dentre elas, a vida marcada pela difícil situação financeira, e o amor pelo trabalho.

Marie necessitava de um laboratório para a realização de seus estudos. Pierre era um físico francês com reconhecimento por seu trabalho com magnetismo, cristalografia e seu equipamento de alta precisão, o eletrômetro de quartzo piezelétrico. Desde o início, Pierre mostrou interesse pelos estudos da radioatividade desenvolvidos por Marie. (SILVEIRA, *et al.* 2021, p. 12).

Figura 3: Pierre Curie e Marie Skłodowska



Fonte: Wikipédia

De acordo com Silveira, *et al.* (2021), ao retornar para Varsóvia em 1884, Marie tentou lecionar na universidade de Varsóvia, entretanto, viveu mais uma decepção em sua vida, pois não conseguiria realizar um de seus sonhos, mais uma vez, pelo fato de ser mulher. A universidade não aceitava mulheres para o corpo docente. Logo após, retornou para Sorbonne, onde recebeu uma bolsa de estudos no curso de matemática, assim recebendo seu segundo título em 1893. Marie se dedicava ao trabalho em conjunto com Pierre, o que acabou aproximando-os e transformando essa parceria no trabalho em um relacionamento afetivo. No ano de 1895, Marie e Pierre se casaram, e a partir disso o casal Curie dedicou seus dias e noites no laboratório, onde crescia cada vez mais a paixão pela ciência. “Meu marido e eu estávamos tão intimamente unidos pelo nosso carinho e nosso trabalho comum que passamos quase todo o nosso tempo juntos”. (CURIE, 1923, p. 79)

Nessa perspectiva, Santos (2018), ressalta que Marie não ficou isenta do processo cultural de dominação feminina por seus pais e maridos, isso marcava a vivência das mulheres daquela época. E com Marie Curie, não foi diferente, pois passou por isso duas vezes, ao se casar com Pierre e ao se tornar viúva. Como podemos observar nos relatos feitos por Marie:

Como nossos recursos materiais eram limitados, fui obrigada a cuidar da maior parte da limpeza, particularmente a preparação das refeições. Não foi fácil conciliar essas tarefas domésticas com meu trabalho científico, mas, com boa vontade, consegui. A grande coisa foi que estávamos sozinhos juntos na pequena casa que nos deu uma paz e intimidade que foram muito agradáveis para nós. (CURIE, 1923, p. 79).

Santos (2018), evidencia que, mesmo o trabalho sendo realizado em conjunto por Marie e Pierre, a ela era destinado todo trabalho pesado, onde seguia preparando as amostras, por meio de um trabalho exaustivo numa sequência analítica, enquanto Pierre era designado a observar os sais e refletir sobre suas propriedades. Mesmo Marie sendo uma grande cientista, ela estava posicionada como uma assistente do seu cônjuge.

No ano de 1897 nasceu a primeira filha do Casal, Irène Curie, e nesse momento além de se dedicar à maternidade, Marie Curie precisava trabalhar intensamente no laboratório. Em alguns momentos Pierre não era compreensivo com Marie, lhe cobrando em relação aos seus deveres como mãe. Nos primeiros anos da pequena Irène, foi justamente quando o casal buscava encontrar a identidade do elemento químico presente na pechblenda, se tornando um período bastante intenso e cansativo para Marie, que precisava se dividir entre a pesquisa e o trabalho em casa. (SILVEIRA, *et al.* 2021).

Tornou-se um problema sério como cuidar da nossa pequena Irene e da nossa casa sem abrir mão do meu trabalho científico. Tal renúncia teria sido muito dolorosa para mim, e meu marido nem pensaria nisso; ele costumava dizer que tinha uma esposa feita expressamente para ele compartilhar todas as suas preocupações. Nenhum de nós pensaria em abandonar o que era tão precioso para ambos. (CURIE, 1923, p. 80)

No decorrer de alguns anos, a Madame Curie, estava se dedicando ao seu trabalho na descoberta da radioatividade, como também, nas descobertas dos elementos químicos rádio e polônio. Entretanto, membros da comunidade científica não aceitavam Marie, pois ela estava ocupando espaços que historicamente eram espaços ditos como masculinos, assim, carregava o título de mera assistente do seu marido. No ano de 1904, Marie defendeu sua tese e se tornou a primeira mulher a ter um doutorado em ciências no mundo. Mesmo Marie se mostrando como uma ilustre cientista, se tornando a única mulher doutora no mundo, e ter descoberto a radioatividade, o machismo vigente impediu que Marie Curie fosse indicada ao prêmio Nobel por tal descoberta. Onde foi necessário que seu marido, Pierre Curie, escrevesse uma carta explicando e detalhando a importância de Marie Curie na descoberta. (SILVEIRA, *et al.* 2021).

Tal episódio reforçou mais uma vez os discursos excludentes presentes na sociedade, onde a mulher precisou ser validada pela palavra de um homem para assim ser “reconhecida”, pois mesmo sendo indicada, Marie Curie foi tratada como colaboradora do trabalho de Pierre e Becquerel.

A Madame Curie viria a ser mãe novamente, nasceu mais uma filha, Ève Denise Curie, que teve a sua infância marcada por se sentir distante da mãe, que passava muito tempo no

laboratório e, conseqüentemente, não conseguia dar a atenção que ela gostaria de ter. Marie sempre ensinou suas filhas a serem independentes e lutarem para conseguir passar pelas dificuldades da vida. A vida de Marie Curie foi marcada por muita luta, muitas dificuldades, decepções e tristezas. Quando Ève tinha apenas 14 meses, a família passou pela dor do luto, o acidente que marcou a comunidade científica, Pierre Curie sofreu um acidente enquanto caminhava de volta para casa, ele foi atropelado por uma carroça. Mais um fato que marcava a vida de Marie Curie. (SILVEIRA, *et al.* 2021; QUINN, S. 1997).

Com a morte de Pierre, Marie quebrou mais uma barreira na sua vida científica se tornando a primeira mulher professora da Sorbonne, ocupando a vaga do seu falecido marido que ministrava as aulas de física. Ela foi pioneira em ocupar espaços que mulheres jamais haviam ocupado nas ciências naturais, e suas conquistas não pararam por aí, no ano de 1911, Marie Curie ganhou seu segundo prêmio Nobel, agora na área de Química pela descoberta dos elementos químicos rádio e polônio. E como de praxe, mais uma vez sua ascensão sendo invisibilizada pelo machismo, pois naquela época a cientista estava sendo atacada pela imprensa francesa por seu envolvimento amoroso com um colega da academia. (SILVEIRA, *et al.* 2021)

De acordo com Susan Quinn (1997), em 1914, a cientista também foi de grande importância na primeira Guerra Mundial, por meio da sua contribuição com base nos seus estudos da radioatividade, ela desenvolveu equipamentos de raios x, assim ajudando a salvar muitos soldados feridos da guerra, pois por meio do seu equipamento conseguia detectar as fraturas sofridas. Por meio de seus relatos ela explicou como agiu:

O dever dominante imposto a todos naquela época era ajudar o país da maneira que fosse possível durante a crise extrema que enfrentava. Nenhuma instrução geral foi dada aos membros da Universidade. Foi deixado a cada um tomar sua própria iniciativa e meios de ação. Portanto, procurei descobrir a maneira mais eficiente de fazer um trabalho útil, transformando meu conhecimento científico em lucro. (CURIE, 1923, p. 94).

Após a primeira Guerra Mundial, Marie Curie se dedicou ao seu instituto do rádio, que foi inaugurado em Paris, voltado para a radioatividade e suas aplicações, onde os riscos pela radioatividade começavam a ser estudados, como também, seus benefícios principalmente na área da saúde. (SILVEIRA, *et al.* 2021).

Marie Curie salvou vidas por causa da descoberta da radioatividade, mas em contrapartida, a sua própria saúde estava bem debilitada justamente por causa da quantidade absurda de radiação que ela ficou exposta durante tantos anos. Em 1934, aos 66 anos, ela morreu por causa da sua superexposição as radiações, diagnosticada com leucemia. Uma

cientista pioneira que marcou o século XX com suas contribuições para a ciência e para a história das mulheres, Marie Curie abria a porta para tantas outras que viriam posteriormente. (SILVEIRA, *et al.* 2021).

Após nos debruçarmos sobre vida dessa inexplicável cientista, mulher e mãe, confrontando com as dificuldades vivenciadas por mulheres presentes na construção da ciência e na construção da sociedade, buscaremos entender um pouco mais sobre o fenômeno radioativo.

### 2.3 RADIOATIVIDADE

A partir da descoberta dos raios X, também conhecidos como raios Roentgen em 8 de novembro de 1895, Becquerel iniciou seus estudos sobre a radiação. Becquerel acreditava que a radiação era produto da luminescência resultado das substâncias fosforescentes e fluorescentes (seguindo uma linha de concepções que os cientistas daquela época acreditavam), substâncias essas que Becquerel teve contato previamente, por meio de estudos com sulfetos de cálcio, de bário, de estrôncio e, com os sais de urânio. Becquerel, por meio de seus relatos, afirmava: “Talvez esse fato possa ser comparado a conservação indefinida, em certos corpos, da energia que absorveram e que é emitida quando são aquecidos, fato sobre o qual já chamei atenção em um trabalho (de 1891) sobre a fosforescência pelo calor” (MARTINS, 1990; BECQUEREL, 1896c, p. 562-3).

Segundo Martins (1990), Becquerel verificou que todos os compostos de urânio eram capazes de emitir tais radiações, inclusive o urânio metálico, até mesmo quando esses compostos não eram luminescentes. Entretanto, Becquerel continuou com o não reconhecimento de uma descoberta, mas sim, fundamentando o fenômeno a algo já existente.

De acordo com Chassot (2004), a partir do trabalho de Becquerel, Marie Curie iniciou seus estudos com os compostos do urânio, observando, primeiramente que quanto maior fosse a quantidade de urânio maior seria a intensidade das radiações. Marie percebeu que esse fenômeno era uma característica própria do urânio, assim definindo essa propriedade como a capacidade de emitir radiações de forma espontânea, observou, também, que o tório, assim como o urânio, emitia os chamados “Raios de Becquerel”. Ao perceber que essa propriedade não era exclusivamente do urânio, Marie intitulou esse fenômeno como “radioatividade”

Marie Curie, também notou que ao estudar dois minerais fontes do urânio (pechblenda e calcólita), tais minerais eram mais ativos que o próprio urânio, levando-a a acreditar numa existência de um elemento mais radioativo que o urânio. (CURIE, 1898, p. 1102)

Creemos, portanto, que a substância que retiramos da pechblenda contém um metal ainda não identificado, vizinho ao bismuto por suas propriedades analíticas. Se a existência desse novo metal for confirmada, propomos dar-lhe o nome de polônio, nome do país de origem de um de nós. (CURIE & CURIE, 1898)

As descobertas não pararam por aí, de acordo com Martins (1990), numa última reunião da academia de ciências, o casal Curie com a colaboração de Bémont (cientista que trabalhou em conjunto com Pierre e Marie), mostravam indícios de um novo elemento químico, que foi extraído da pechblenda, assim como o polônio. De início não tinham nenhuma informação sobre esse elemento, nem conseguiram separá-lo, mas obtiveram um material muito mais radioativo do que o urânio. Assim intitulando-o como “rádio”.

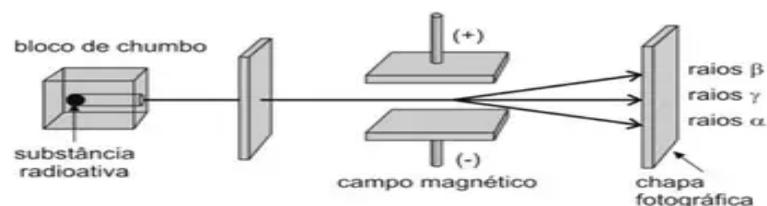
### 2.3.1 Decaimento Nuclear

Segundo Martins (1990) após a descoberta da radioatividade, ainda faltava muita coisa a ser entendida, o que viria a ser tais radiações que estavam sendo emitidas? De onde era proveniente essa energia despreendida desses elementos? E o porquê existem elementos radioativos e outros não? A radioatividade existia, mas o complexo fenômeno, que hoje já conhecemos, ainda não se sabiam nada.

Os núcleos atômicos são partículas extraordinárias. Elas contêm todos os prótons do átomo, comprimidos em um pequeno volume, apesar de suas cargas positivas. Porém, a maior parte dos núcleos sobrevive indefinidamente apesar das imensas forças repulsivas que existem entre os prótons que eles contêm. Em alguns núcleos, entretanto, a repulsão que os prótons exercem uns sobre os outros supera a força que mantém os núcleos unidos. Ocorre, então, a ejeção de fragmentos dos núcleos, um processo chamado de "decaimento". (ATKINS & JONES, 2006, p. 705)

De acordo com Attico Chassot (2004), Ernest Rutherford estudou a radioatividade, sendo o principal responsável pela descoberta de três tipos de emissões radioativas, onde intitulou-as como: raios alfa, beta e radiações gama.

Figura 4: Experimento de Rutherford.



Fonte: Imagem da internet.

Ao observar o efeito da radiação entre eletrodos com carga elétrica (figura 4), Rutherford percebeu que uma das de emissões radioativas era atraída pelo polo negativo do eletrodo, com isso ele supôs que aquela radiação era composta por partículas com carga positiva, chamando-a de Alfa ( $\alpha$ ). Onde por meio da carga e da massa dessas partículas, Rutherford identificou como átomos de Hélio, que haveriam perdido seus dois elétrons. Nesse sentido, por meio desse experimento (figura 4), Rutherford também percebeu que o segundo tipo de emissão radioativa, beta ( $\beta$ ), era atraído pelo polo positivo do eletrodo, onde supôs que aquela radiação era formada por partículas com carga negativa, observando também que a carga e a massa dessas partículas eram elétrons, ou seja, elas não possuem prótons nem nêutrons, tendo a massa igual a zero, descrevendo-a como  ${}_{-1}e^0$ . Além disso, o cientista também identificou a radiação gama ( $\gamma$ ), tal emissão radioativa não sofria efeito pelo campo elétrico, assim como a luz, ela tinha uma propriedade eletromagnética, porém com alta frequência. Sendo assim classificada como um feixe de fótons de energia. (ATKINS & JONES, 2006).

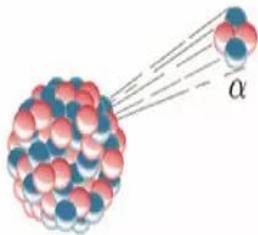


Figura 5: Radiação Alfa

Fonte: Imagem da internet

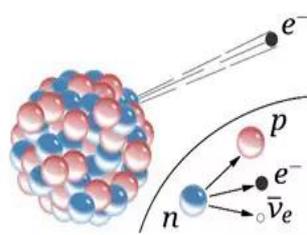


Figura 6: Radiação Beta

Fonte: Imagem da internet

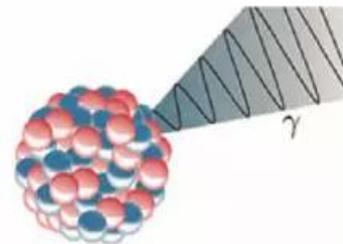


Figura 7: Radiação Gama

Fonte: Imagem da internet

De acordo com Atkins & Jones (2006), o fenômeno da radioatividade é produzido a partir do decaimento nuclear, por meio da mudança na constituição do núcleo é o que chamamos de reação nuclear. Núcleos que tem a capacidade de alterar suas estruturas, espontaneamente, emitindo radiações são os chamados radioativos, a partir dessa emissão tem como resultado um nuclídeo diferente. “Um núcleo específico com número atômico e número de massa determinados é chamado de nuclídeo. Assim,  ${}^1\text{H}$ ,  ${}^2\text{H}$  e  ${}^{16}\text{O}$  são três nuclídeos diferentes. Os dois primeiros são isótopos de um mesmo elemento”. (ATKINS & JONES, 2006, p. 707).

A partir de uma emissão alfa ou beta, forma-se um núcleo que possui um diferente número de prótons, o produto dessa reação foi intitulado de núcleo filho, dessa forma, sendo formado um núcleo de um diferente elemento. Como por exemplo, a partir de uma emissão

alfa de um núcleo de radônio-222 transforma-se um núcleo de polônio-218, o que podemos chamar de transmutação nuclear. (ATKINS & JONES, 2006).

### 3 METODOLOGIA

Para desenvolver uma sequência de ensino-aprendizagem sobre a radioatividade a partir do trabalho de Marie Curie, e promover aos estudantes uma visão menos androcêntrica acerca da ciência, iniciamos este trabalho por meio de uma pesquisa bibliográfica.

Definimos pesquisa bibliográfica como um levantamento de dados e obras já publicados, que tem como objetivo principal apoiar e fundamentar o trabalho científico. Tendo em vista, que qualquer trabalho científico está atrelado a uma pesquisa dessa natureza. Para Gil (2002, p. 44), a pesquisa bibliográfica “[...] é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”. Segundo Andrade (2010):

A pesquisa bibliográfica é habilidade fundamental nos cursos de graduação, uma vez que constitui o primeiro passo para todas as atividades acadêmicas. Uma pesquisa de laboratório ou de campo implica, necessariamente, a pesquisa bibliográfica preliminar. Seminários, painéis, debates, resumos críticos, monográficas não dispensam a pesquisa bibliográfica. Ela é obrigatória nas pesquisas exploratórias, na delimitação do tema de um trabalho ou pesquisa, no desenvolvimento do assunto, nas citações, na apresentação das conclusões. Portanto, se é verdade que nem todos os alunos realizarão pesquisas de laboratório ou de campo, não é menos verdadeiro que todos, sem exceção, para elaborar os diversos trabalhos solicitados, deverão empreender pesquisas bibliográficas (ANDRADE, 2010, p. 25).

Nesse sentido, salientamos que para construção deste trabalho foi necessária a utilização de uma pesquisa bibliográfica, para assim termos dados suficientes, conhecermos o tema e nos embasarmos em trabalhos que já foram realizados. Tomamos como base a análise de livros, documentos, revistas, artigos científicos, sites da internet etc. Utilizamos também um filtro para colher materiais em português, espanhol e inglês para conseguirmos delimitar o tema pesquisado.

De acordo com Fonseca (2002, p. 32), “Existem, porém, pesquisas científicas que se baseiam unicamente na pesquisa bibliográfica, procurando referências teóricas publicadas com o objetivo de recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta”.

O presente trabalho pretende utilizar a pesquisa bibliografia como meio para construção de uma sequência didática consistente com o conteúdo histórico da radioatividade, para que os professores e professoras possam incluir nas suas aulas, visando discutir e problematizar o ensino de química da educação básica.

Segundo Zabala (1998, p. 18) podemos definir sequência didática como: “um conjunto de atividades ordenados, estruturados e articulados para a realização de certos objetivos

educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”.

Ao fazermos uma análise sobre a prática docente, questionamos, tal qual Zabala (1998), a importância de um ensino reflexivo, visto que para esse autor qualquer prática pedagógica exige uma organização, e toda prática pedagógica necessita ser bem planejada para alcançar os objetivos desejados, isto é, aspectos positivos e, a partir disso, podem ser úteis. Entretanto, antes de qualquer organização e realização das sequências didáticas o professor deve ter em mente questões primordiais que fundamentam a prática educativa. “Para que educar? Para que ensinar? Estas são as perguntas capitais. Sem elas nenhuma prática educativa se justifica”. (ZABALA, 1998, p. 21).

De acordo com Zabala (1998), as sequências didáticas ou sequências de atividades, possuem características que podem compreender de forma simples a prática docente e o papel da intervenção reflexiva, como também, as suas fases, levando em conta a relevância que as atividades alcançam quando postas em uma série ou sequência significativa. “Estas unidades têm a virtude de manter o caráter unitário e reunir toda a complexidade da prática, ao mesmo tempo que são instrumentos que permitem incluir as três fases de toda intervenção reflexiva: planejamento, aplicação e avaliação”. (ZABALA, 1998, p. 18).

Zabala (1998) não buscava avaliar métodos educativos e nem tampouco propor nenhum, mas sim, mostrar instrumentos capazes de serem introduzidos em diversas intervenções, propiciando uma melhora na atuação docente.

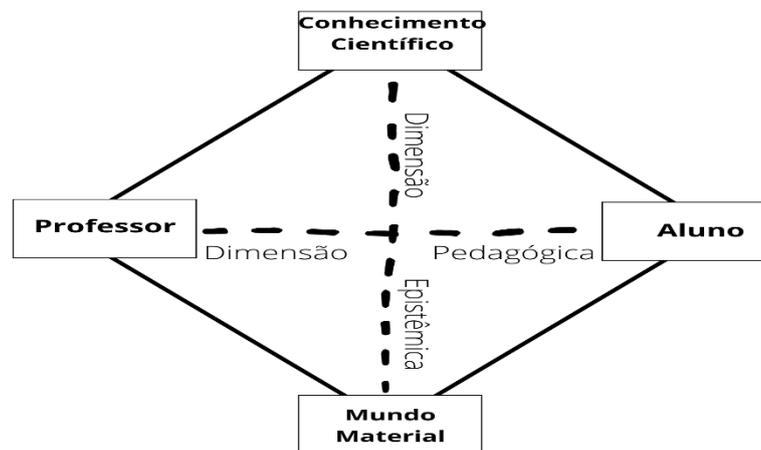
[...] introduzir nas diferentes formas de intervenção aquelas atividades que possibilitem uma melhora de nossa atuação nas aulas, como resultado de um conhecimento mais profundo das variáveis que intervêm e do papel que cada uma delas tem no processo de aprendizagem dos meninos e meninas. (ZABALA, 1998, p.54)

Nessa perspectiva, ao pensarmos uma sequência didática, levamos em consideração as relações que fazem parte do processo de ensino e aprendizagem, relações interativas entre professor-aluno e aluno-aluno. Diante disso, orientamos esse estudo com as concepções das dimensões epistêmico-pedagógicas teorizadas por Méheut & Psillos (2004), tais autores, apresentam uma estrutura teórica para analisar o entrelaçamento entre os elementos que fazem parte do processo de ensino e aprendizagem.

Tal estrutura teórica foi intitulada como sequências de ensino-aprendizagem (SEA), do inglês *teaching-learning sequence (TLS)*, definindo-a como “uma atividade de pesquisa interventiva quanto um produto, como um pacote tradicional de unidade curricular, que inclui atividades de ensino-aprendizagem bem pesquisadas, empiricamente adaptadas ao raciocínio do aluno.” (MEHÉUT & PSILLOS, 2004, p. 516).

Mehéut & Psillos (2004, p. 517) elaboraram um modelo de situações de ensino-aprendizagem, chamado de “losango didático” (figura 8), o qual auxilia a descrever a elaboração de uma sequência de ensino-aprendizagem. O losango didático, envolve quatro constituintes, são eles: professor, alunos, mundo material, e conhecimento a ser desenvolvido.

Figura 8: Losango Didático.



Fonte: Mehéut & Psillos (2004)

Fundamentado no modelo teórico de Mehéut & Psillos (2004), o/a professor/a ao elaborar uma sequência de ensino-aprendizagem deve levar em consideração as duas dimensões, a epistêmica e a pedagógica. A dimensão epistêmica (eixo vertical) busca confrontar e associar o conhecimento científico, no caso a radioatividade, ao mundo material, ou seja, está atrelada ao método científico de maneira que procura fazer contextualização ao mundo real, possibilitando o processo de elaboração e validação do método científico.

No eixo horizontal nos deparamos com a dimensão pedagógica, a qual contempla as relações presentes, ou seja, o papel do/a professor/a e dos/as alunos e alunas. O professor/a deve se atentar sobre sua atuação docente e as interações entre professor-alunos e aluno-aluno.

O eixo vertical representa a dimensão epistêmica, isto é, como o conhecimento funciona em relação ao mundo material. Ao longo desse eixo, podemos encontrar premissas sobre métodos científicos, processos de elaboração e validação do

conhecimento científico. O eixo horizontal representa a dimensão pedagógica. Encontramos ao longo desse eixo escolhas do professor, tipos de interações entre professores e alunos, e focado no vértice “alunos”, podemos encontrar o que se espera sobre as interações entre os alunos (MÉHEUT, 2005, p. 196).

Por meio do losango didático também podemos analisar o vértice que engloba a ligação entre os alunos/as e o mundo material, que representa a compreensão das concepções prévias dos/as estudantes, intitulada de abordagem conflito cognitivo, isto é, o que o aluno já conhece. Na figura seguinte (figura 9), ilustra o vértice da abordagem conflito cognitivo. Por outro lado, o vértice aluno-conhecimento científico, nos faz refletir como os estudantes reagem ao conhecimento científico quando exposto.

Figura 9: Abordagem de conflito cognitivo.



Fonte: Mehéut & Psillos (2004)

O losango didático nos permite entrelaçar, organizar e sintetizar os elementos que fazem parte da construção de uma sequência de ensino-aprendizagem, o/a docente ao priorizar uma das dimensões, pode acarretar duas formas do construtivismo: construtivismo psicológico e o construtivismo epistêmico, no qual o primeiro se refere a preferência e favorecimento a dimensão pedagógica, enquanto o segundo volta-se ao favorecimento da dimensão epistêmica. Mehéut & Psillos (2004), apresenta em seu modelo de SEA o chamado construtivismo integrado, que visa incluir o psico-cognitivo e o epistêmico, essa abordagem construtivista integrada tem como objetivo não colocar nenhuma das dimensões abaixo de outra, mas sim, integrá-las para agir em conjunto.

Nessa perspectiva, ao darmos início a construção da sequência de ensino-aprendizagem respaldada sob as concepções e abordagens supracitadas, em que foi pensada a partir de um questionário de sondagem (apêndice A) aplicado em uma turma do 3º ano do ensino médio,

onde constatou-se que os alunos e alunas não conheciam a história da química, apenas relacionavam a química ao estudo de fórmulas, teorias e memorização. Além disso, não tinham conhecimento da presença e contribuição das mulheres no âmbito das ciências naturais.

Esta sequência de ensino-aprendizagem está composta por cinco atividades, associadas a evolução histórica, que propõe dissertar sobre a história da radioatividade a partir do importante trabalho de Marie Curie, compreendendo o fenômeno, os efeitos, riscos e benefícios da radioatividade na sociedade. Ademais, apresentar a história de Marie Curie como maneira de evidenciar a ciência como prática social.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste tópico apresentaremos a sequência de ensino-aprendizagem, bem como, a discussão acerca das atividades.

### **4.1 APRESENTAÇÃO GERAL DA SEQUÊNCIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM**

Planejamos a sequência de ensino-aprendizagem (SEA) direcionada para o ensino da radioatividade no ensino médio, com a finalidade de ser desenvolvida em cinco atividades. A quantidade de aulas previstas é de onze aulas, mas esse quantitativo pode diferenciar, baseado nas diferentes realidades educacionais.

A SEA tem como objeto inicial a introdução da história do fenômeno radioativo a partir do brilhante estudo de Marie Curie. Com base nisso, estruturamos as outras atividades. Buscamos organizar a sequência de ensino-aprendizagem de modo que o/a docente seja capaz de investigar se os alunos e alunas estão construindo conhecimento acerca dos conteúdos conceituais e, principalmente, se os objetivos epistêmicos e pedagógicos estão sendo alcançados.

#### **Justificativa**

Entendemos que a história da radioatividade é significativa para os/as estudantes. Assim, partindo da contextualização e problematização incluindo o olhar para o estudo e vida de Marie Curie, busca-se proporcionar um ensino química contextualizado e interessante dos conteúdos conceituais de radioatividade.

#### **Objetivos gerais**

- Possibilitar a interação entre professor-aluno e aluno-aluno, incentivando para o estudo da radioatividade;
- Debater sobre a questão de gênero e as dificuldades enfrentadas por mulheres presentes na ciência;
- Discutir sobre a vida de Marie Curie;
- Proporcionar aprendizado dos conteúdos conceituais de radioatividade;
- Debater sobre as aplicações da radiação nuclear no cotidiano, bem como seus riscos e benefícios;
- Contribuir para o desenvolvimento de cidadãos e cidadãs com senso crítico e conscientes sobre seu papel na sociedade;

- Discutir sobre a ciência como prática social;

### **Público-alvo:**

Estudantes do 3º ano do Ensino Médio.

### **Metodologia**

A sequência de ensino-aprendizagem proposta busca propiciar uma educação reflexiva, de maneira que estabeleça as relações interativas que fazem parte do processo de ensino. Para esta finalidade, elaboramos atividades que se atentem aos assuntos conceituais, históricos e sociais envolvendo a radioatividade.

Para o progresso das atividades, selecionamos pesquisas para serem feitas em equipes, recomendamos ao professor/a organizar as equipes, formadas em no máximo 5 alunos/as, antes de iniciar às atividades, também selecionamos textos para leitura e debates. Como recursos didáticos audiovisuais, escolhemos vídeos e imagens.

### **Papel do professor (a)**

O papel do professor (a) é mediar as discussões, promovendo e facilitando um debate proveitoso entre os participantes, contemplando a dimensão epistêmica e a dimensão pedagógica.

### **Avaliação**

A avaliação é um procedimento importante na aprendizagem, visto que o professor/a pode usá-la para observar o avanço dos alunos e alunas na construção do conhecimento. Ademais, pode ser feita individualmente ou em grupo. Sugerimos, A avaliação de maneira formativa observando o desenvolvimento dos/as estudantes durante todo o processo de ensino-aprendizagem. Além disso, de forma diagnóstica, antes e depois das aplicações das atividades, dos conceitos e conteúdos vistos nas aulas, assim identificando aquilo que se aprendeu ou não.

Tabela 1: Estrutura e organização da sequência de ensino-aprendizagem

<b>ATIVIDADES</b>	<b>TEMAS</b>	<b>Nº DE AULAS</b>
Atividade nº 1	História da Radioatividade: O estudo de Marie Curie	2
Atividade nº 2	Marie Curie: Desafios enfrentados pela cientista	2

Atividade nº 3	Conceitos fundamentais de Radioatividade	4
Atividade nº 4	Apresentação das pesquisas feitas pelos alunos e alunas sobre: Aplicações da radiação nuclear no cotidiano (riscos e benefícios) e os acidentes nucleares.	2
Atividade nº 5	Retomada ao problema social: Debate sobre gênero e conflitos relacionado ao feminino no século XXI	1

#### 4.1.1 Apresentação da atividade nº 1

### HISTÓRIA DA RADIOATIVIDADE: O ESTUDO DE MARIE CURIE

#### Papel do Professor (a)

Primeiramente sugere-se ao professor/a dividir a turma em grupos de no máximo cinco pessoas. Recomenda-se que o/a professor/a indague os/as estudantes sobre o que seria a radioatividade, criando uma nuvem de palavras no quadro, para assim iniciar uma leitura coletiva. Durante a leitura coletiva relacionada a história da radioatividade, sugere-se que o/a professor/a conduza uma discussão acerca do tema, para além de inteirar-se dos conhecimentos prévios dos alunos e alunas, cativar os/as estudantes para o estudo da radioatividade.

#### O que se espera

Como consequência dessa atividade, se espera que a partir de uma relação interativa propicie para a construção do conhecimento. Baseado nas respostas e indagações, o/a docente conseguirá inteirar-se das concepções prévias dos estudantes acerca do fenômeno radioativo. Além disso, espera-se que os alunos e alunas compreendam a radioatividade como construção social, que sofreu alterações e superações.

#### Material didático

- Texto para discussão em grupo
- Quadro
- Piloto

## DIRECIONAMENTO DA ATIVIDADE Nº 1

**Texto:** Trechos do livro *A ciência através dos tempos*, de Attico Chassot, 2004.

Conrad Rontgen 8 de novembro de 1895, trabalhava com uma válvula Hittorf, totalmente coberta por uma cartolina preta em uma sala escura. A certa distância havia uma folha de papel tratada com platinocianeto de bário e usada como tela, que inexplicavelmente começou a brilhar, com emissão de luz. Algo devia estar atingindo-a para que brilhasse. Rontgen surpreso com o fenômeno, pôs-se a pesquisá-lo. Colocou vários objetos entre a válvula e a tela e todos pareciam transparente. Quando acidentalmente, sua mão passou em frente à válvula, viu seus ossos na tela. Estava descoberta uma radiação desconhecida: os raios X.

Figura 10: Radiografia da mão de Albert Von Kolliker, (amigo de Rontgen).



Fonte: Wikipédia

A radioatividade foi, muito provavelmente, a mais revolucionária e a mais emocionante descoberta do fim-de-século. Entre aqueles que receberam relatos e fotografias das descobertas de Rontgen estava um grande matemático francês, Henri Poincaré, que acompanhava com grande interesse os progressos da física. Poincaré mostrou fotografias obtidas por raios X em uma das reuniões semanais da Académie des Sciences, em 20 de janeiro de 1896, e Henri Becquerel (1852-1908) ficou muito impressionado, considerando a possibilidade de o fenômeno relacionar-se com seus trabalhos de fluorescência.

Após conhecer os trabalhos sobre raios X, Becquerel, que descendia de uma família que, havia quatro gerações, projetava físicos de renome, repeliu vários experimentos com sais de urânio e descobriu que estes emitiam radiações que impressionavam chapas foto gráficas como os raios produzidos por Rontgen. A princípio acreditava que esses sais emitiam radiações por terem armazenado energia luminosa. mas posteriormente verificou que isso ocorria mesmo em dias nublados. Isto é, os sais de urânio emitiam raios capazes de penetrar em papel negro, tivessem ou não sido expostos à luz do Sol. Logo em seguida Becquerel descobriu que esses raios não apenas escureciam chapas fotográficas, como ionizavam gases, transformando-os em condutores. Era assim possível medir a atividade das radiações de uma amostra através da ionização produzida.

A história da descoberta de substâncias que têm capacidade de emitir radiação (radioativas) continuou com a entrada em cena de um casal - Pierre e Marie Curie- que ocupa um lugar ímpar na história da ciência e sobre o qual existem enriquecedoras biografias.

Inicialmente Marie repetiu os experimentos de Becquerel, usando uma aparelhagem projetada por Pierre e bem mais precisa do que o eletroscópio de Becquerel. Primeiro verificou que a intensidade de radiação era proporcional à quantidade de urânio presente na amostra, e independente de sua forma química (isto é, não fazia diferença ser um sal ou um óxido de urânio) Marie confirmou então que a capacidade de emitir radiações era uma propriedade atômica do urânio. A seguir descobriu que o urânio não era o único elemento que emitia a radiação espontânea, para a qual ela propôs o nome de radioatividade. Viu que compostos do tório também eram radioativos.

Ao decidir experimentar outras amostras de minerais, verificou que algumas eram mais radioativas, mesmo quando a quantidade de tório e urânio nesses minerais era pequena. A pechblenda, um minério de urânio, revelou-se quatro vezes mais radioativa que o urânio puro. Levantou uma hipótese: devia haver outro elemento desconhecido que era radioativo. Começou a procurá-lo. Não conhecia nenhuma propriedade química desse elemento, além do fato de ele ser radioativo.

O novo elemento se anunciava muito mais radioativo que o urânio, e suspeitavam que poderia ser mais de um elemento. Em julho de 1898 puderam anunciar a descoberta da nova substância, a partir da medida de radiação feita em alguns miligramas agora purificados. Pierre

sugeriu que ela desse um nome ao novo elemento. O coração da ex-mademoiselle Sklodowska voltou-se para a pátria que para ela havia sido riscado dos mapas e disse: "Poderíamos chamá-lo de polônio. " Descobriram que a substância desaparecia espontaneamente, reduzindo-se à metade em um período característico que chamaram de meia vida.

Dois meses depois comunicavam à Academia de Ciências que "as várias razões que acabamos de enumerar levam-nos a crer que a nova substância radioativa contém um novo elemento a que propomos dar o nome de rádio. A radioatividade do rádio deve ser enorme".

Os estudos prosseguiram. Se o polônio e o rádio emitiam partículas e, naturalmente, energia, era preciso explicar a razão do fenômeno, até mesmo porque, em 1898, a conservação da energia já era um princípio aceito e os cientistas não demonstravam muita vontade de abrir mão de seus conceitos. De onde vinha a energia do polônio?

#### **Atividade para ser realizada em grupo:**

Sugere-se que os grupos elaborem um mapa conceitual sobre a descoberta da radioatividade. Além disso, respondam as seguintes questões:

1. Qual significado de a radioatividade ser um fenômeno atômico?
2. Por que a quantidade de radiação era proporcional a quantidade urânio presente?
3. Por que as radiações aconteciam independentemente da forma química do urânio?
4. O que significa um elemento ser muito mais radioativo que outro?
5. O que diferencia o estudo de Marie Curie para o estudo de Becquerel?

#### **4.1.2 Apresentação da atividade nº 2**

##### **MARIE CURIE: DESAFIOS ENFRENTADOS PELA CIENTISTA**

#### **Papel do Professor (a)**

Durante a apresentação do vídeo relacionado a vida e contribuição de Marie Curie, sugere-se ao professor/a conduzir a discussão entre os alunos e alunas, por meio de questionamentos sobre a importância da madame Curie na descoberta da radioatividade, como também, características marcantes da presença dela no meio científico. Seguindo a divisão dos grupos realizada na aula anterior, sugere-se que o/a professor/a distribua para cada grupo um texto relacionado a vida de Marie.

## O que se espera

A partir dessa atividade, espera-se que os/as estudantes compreendam o importante papel da Marie Curie para o desenvolvimento do conhecimento científico.

## Material didático

- Texto para discussão
- Projetor multimídia
- Vídeos

## DIRECIONAMENTO DA ATIVIDADE 2

**Apresentar vídeo:** *Marie Curie – Biografia resumida* – YouTube. Duração: 5min07s.

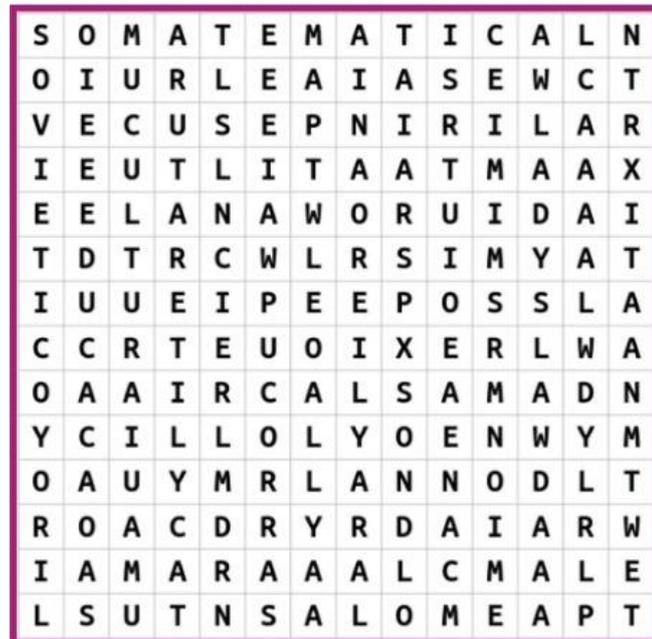
Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=PTdiKQEM58Q>

**Texto 1:** Trechos do livro *Mulheres cientistas: Marie Curie: livro de passatempo*, de Camila Silveira, *et al* – Curitiba: UFPR, 2021.

### 1. A família e o nascimento de Maria Salomea Skłodowska (1867)

Maria **SALOMEA** Skłodowska, a brilhante cientista conhecida mundialmente como Marie Curie, nasceu em Varsóvia, capital da Polônia, no dia 7 de novembro de 1867. Nessa época, a Polônia já era dominada pelo regime **SOVIÉTICO** e desde 1815 o czar **ALEXANDRE II** havia sido nomeado rei da Polônia. Até mudar-se para PARIS, Maria tinha o apelido de **MANYA** e assim era chamada por todos. Manya era a filha caçula de cinco irmãos, quatro meninas e um menino, Zosia, Josef, Bronya e Helena. Eram todos filhos de Bronislava Boguski e **WLADYSLAW** Sklodowski, uma professora e um professor. Uma família financeiramente pobre, mas intelectualmente e culturalmente rica. O avô paterno de Manya, Josef Sklodowski, estudou na universidade de Varsóvia. Seu pai se graduou na Universidade de Ciência de São Petersburgo, em **MATEMÁTICA** e física. A **EDUCAÇÃO** era algo precioso para o pai de Manya, todos os filhos estudaram e se destacaram, mas Manya era brilhante. Era comum que ao sair para passear com seu pai, de quem ela era muito próxima, recebesse uma aula de astronomia ao contemplar o pôr-do-sol. O professor Sklodowski queria manter viva a **CULTURA** polonesa, o que o fazia substituir disfarçadamente matérias permitidas pelo czar, por aulas de história e **LITERATURA** da **POLÔNIA**.

Figura 11: Caça palavras do texto 1.



Fonte: Mulheres cientistas: Marie Curie: livro de passatempo.

**Texto 2:** Trechos do livro *Mulheres cientistas: Marie Curie: livro de passatempo*, de Camila Silveira, *et al* – Curitiba: UFPR, 2021.

## 2. Impedida de cursar o Ensino Superior por ser Mulher (1883)

Manya fez o **GINÁSIO**, o equivalente ao ensino médio, em um colégio russo de alto nível e formou-se em 1883 como a melhor aluna, recebendo uma **MEDALHA** de ouro. Logo em seguida, sofreu uma espécie de **COLAPSO** nervoso, ficando dias isolada e sem comer. O pai muito preocupado a enviou para passar um tempo com parentes ao sul, em casas no **CAMPO**. Aquele ano fora, talvez, o mais feliz da vida de Manya. Ao retornar ela estava bem melhor, mais madura, mas não poderia realizar o sonho de cursar **CIÊNCIAS** no seu país, pois as **MULHERES** não eram aceitas na **UNIVERSIDADE** de Varsóvia. Nesse mesmo ano, 1883, uma escola superior para mulheres, que depois ficou conhecida como Universidade **VOADORA**, foi fundada por um **POSITIVISTA** polonês e em poucos meses havia mais de 1000 mulheres matriculadas, entre elas Manya e Bronya. O governo russo descobriu a escola superior, mas não se dispôs a destruí-la, pois não acreditava que as mulheres poderiam ir muito além daquilo. Enganaram-se muito! Simultaneamente, Manya e Bronya ministravam **AULAS** particulares, por pouquíssimos rublos. As irmãs combinaram que estudariam na Sorbonne, uma Universidade francesa em que as mulheres eram aceitas. Manya, em um gesto de altruísmo, sugeriu que a irmã fosse primeiro para cursar a sonhada **MEDICINA**.

Figura 12: Caça palavras do texto 2.



Fonte: Mulheres cientistas: Marie Curie: livro de passatempo.

**Texto 3:** Trechos do livro *Mulheres cientistas: Marie Curie: livro de passatempo*, de Camila Silveira, *et al* – Curitiba: UFPR, 2021.

### 3. A rotina da universitária Marie Skłodowska

Ao ingressar na Universidade **SORBONNE** em 1891, uma das poucas no mundo que aceitava **MULHERES** e **ESTRANGEIROS**, Marie Skłodowska era uma das 23 moças dentre os 1825 estudantes no curso de ciências. A jovem de 20 e poucos anos, reconhecendo a diferença entre a sua educação e a de seus colegas franceses, dedicou seus anos na faculdade exclusivamente aos estudos de física e ao trabalho árduo no **LABORATÓRIO**. Sua rotina era dividida entre o curso, o trabalho experimental e seus estudos na biblioteca. Passava longas e **SOLITÁRIAS** horas no laboratório sem que tivesse algum descanso e, muitas vezes, esquecia até de comer. Mesmo com a sensação de **LIBERDADE** e **INDEPENDÊNCIA** oferecida pela França, a **DESIGUALDADE** de **GÊNERO** dentro e fora da universidade era muito clara. As mulheres eram **PROIBIDAS** do trabalho noturno, fazendo com que, muitas vezes, Marie trabalhasse até tarde da noite em seu pequeno e modesto quarto perto da universidade. Apesar de sua baixa condição financeira e da realidade da época, Marie Skłodowska, como outras mulheres **PIONEIRAS**, estava decidida a lutar pelo seu espaço na academia e na ciência, dominada por homens.

Figura 13: Caça palavras do texto 3.



Fonte: Mulheres cientistas: Marie Curie: livro de passatempo.

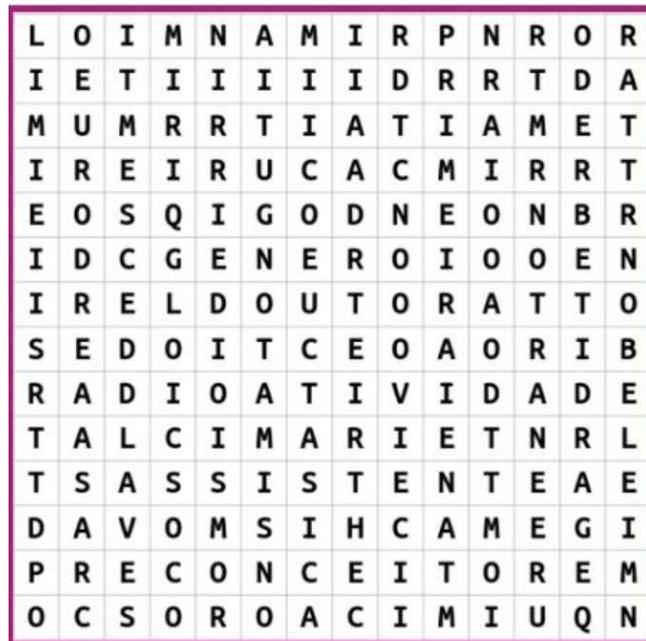
**Texto 4:** Trechos do livro *Mulheres cientistas: Marie Curie: livro de passatempo*, de Camila Silveira, *et al* – Curitiba: UFPR, 2021.

#### 4. O Prêmio Nobel de Física (1903)

A importância da pesquisa de **MARIE** é inquestionável, ela foi a primeira mulher na França a receber o título de **DOCTORA** em Ciência Física. Porém, apesar de todo mérito na descoberta da **RADIOATIVIDADE**, na ocasião do Prêmio **NOBEL** de 1903, o **MACHISMO** na Ciência não permitiu a indicação de Marie. Ela já havia sido indicada por Charles Bouchard, em 1901 e 1902 e Pierre foi alertado que, apesar do nome dele ser considerado para a láurea em 1903, o da sua esposa não constava na lista. Mediante a situação, ele escreveu uma carta para a comissão do Nobel, detalhando a importância de Marie nas descobertas e manifestando o desejo da indicação do nome dela. A contribuição de Marie foi no campo da **QUÍMICA**, porém já havia um nome para aquele ano, Svante Arrhenius, assim o comitê da área concordou em atribuir a premiação à Física. O Prêmio Nobel de Física de 1903 foi dividido, metade foi atribuído para Antoine Henri Becquerel “em reconhecimento à sua descoberta da radioatividade espontânea” e a outra metade foi atribuída para o casal **CURIE**, Marie e Pierre, “em reconhecimento pelas investigações conjuntas do fenômeno da radiação descoberto pelo

professor Henri Becquerel”. Ela foi a **PRIMEIRA** mulher a ser laureada na história e, no discurso de entrega do prêmio o **PRECONCEITO** de **GÊNERO** estava presente, pois Marie foi tratada como uma **ASSISTENTE** de Henri e Pierre.

Figura 14: Caça palavras do texto 4.



Fonte: Mulheres cientistas: Marie Curie: livro de passatempo.

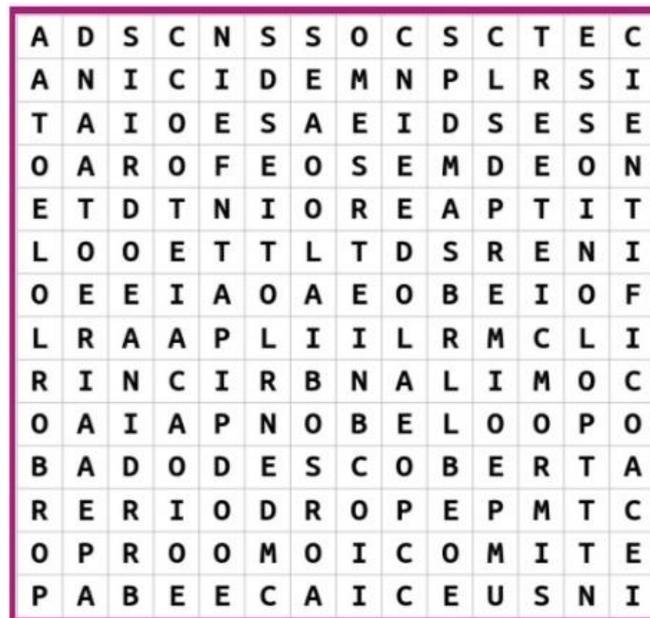
**Texto 5:** Trechos do livro *Mulheres cientistas: Marie Curie: livro de passatempo*, de Camila Silveira, *et al* – Curitiba: UFPR, 2021.

## 5. O Prêmio Nobel de Química (1911)

Depois que Marie e Pierre Curie descobriram os elementos radioativos polônio e **RÁDIO**, Marie continuou a investigar suas propriedades, e, em 1910, isolou o rádio como um **METAL** puro. Ela também documentou as **PROPRIEDADES** destes elementos e dos seus compostos, o que possibilitou que eles se tornassem importantes fontes de radiação tanto em experimentos científicos quanto no campo da **MEDICINA**, onde são usados para o tratamento de tumores. Em 1911, foi anunciada Marie Curie como a única ganhadora do prêmio Nobel de Química pela **DESCOBERTA** dos elementos rádio e **POLÔNIO**, pelo isolamento do rádio e pelo estudo da sua natureza. Poucos dias depois, Marie foi fortemente atacada pela imprensa por conta do romance com Langevin e o **COMITÊ** do Nobel sugeriu à pesquisadora que abrisse

mão de receber o prêmio, a fim de não causar constrangimentos ao rei da **SUÉCIA**, que faria a entrega. Marie, mais uma vez enfrentou o machismo e respondeu ao comitê: “O **PRÊMIO** foi concedido pela descoberta do rádio e do polônio, acredito que não haja conexão entre meu trabalho **CIENTÍFICO** e os fatos da minha vida privada”. Marie foi a primeira pessoa a receber dois prêmios **NOBEL** e este feito só foi repetido 51 anos depois. Mesmo diante dos ataques que sofreu, ela decidiu ir a Estocolmo receber sua medalha. Assim que retornou à França, sua casa foi apedrejada sob gritos de “a polonesa destruidora de lares”.

Figura 15: Caça palavras do texto 5.



Fonte: Mulheres cientistas: Marie Curie: livro de passatempo.

#### Atividade para ser realizada em grupo:

Sugere-se que os grupos respondam os caça palavras referente ao seu texto, além disso, façam uma curta apresentação sobre os assuntos vistos nos textos supracitados. Levando em consideração a importância do trabalho do estudo de Marie Curie e incentivem o debate sobre gênero e as dificuldades vivências pela cientista.

#### 4.1.3 Apresentação da atividade nº 3

### CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE RADIOATIVIDADE

#### Papel do Professor (a)

É importante lembrar que o professor/a deve manter a interação durante a aula, buscando propiciar um ambiente em que os alunos e alunas participam do processo de ensino-aprendizagem. Com base na interação professor/a - aluno/a, o/a docente poderá observar o conhecimento prévios dos/as estudantes, como também direcionar a discussão entre os alunos e alunas, fazendo com que uma dúvida de um/a aluno/a possa servir de base para questionar os outros/as estudantes quanto ao conteúdo de radioatividade.

### **Conteúdos Propostos**

Ao fazermos uma breve reflexão sobre os conteúdos fundamentais para a compreensão do fenômeno radioativo, propomos na atividade nº 3 abordar tais conteúdos para promover a compreensão do saber histórico/científico atrelado ao saber escolar. Utilizaremos como base o livro “Módulos para o ensino de radioatividade”, obra de Marcelo L. Eichler, Marcos Henrique Hahn Calvete e Tânia D. Miskinis Salgado, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como também, o livro “ABC da Física Nuclear” do instituto de física da USP. Assim como outros recursos didáticos.

Selecionamos tais conteúdos conceituais:

1. Núcleo Atômico
2. Isótopos e radioisótopos
3. Decaimento (alfa, beta e gama)
4. Meia vida
5. Fissão e Fusão

### **O que se espera**

Durante a atividade nº 3, espera-se que os alunos e alunas estejam envolvidos nos debates acerca do tema, que busquem sancionar suas dúvidas para assim compreenderem os conteúdos.

### **Material didático**

- Texto para discussão
- Livro paradidático
- Projetor multimídia
- Vídeos e imagens
- Quadro

- Piloto

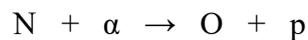
### DIRECIONAMENTO DA ATIVIDADE 3

#### 1. Núcleo Atômico

**Texto 1:** Trechos do livro: *Módulos para o ensino de radioatividade*. Obra de Marcelo L. Eichler, Marcos Henrique Hahn Calvete e Tânia D. Miskinis Salgado, UFRGS.

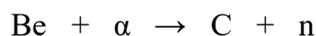
As teorias sobre a estrutura do átomo evoluíram bastante, até chegar ao modelo mais aceito atualmente, que envolve conceitos da mecânica quântica, com níveis e subníveis de energia para os elétrons orbitais, formando uma nuvem eletrônica difusa em volta do núcleo.

Restava um questionamento: do que é feito o núcleo? Rutherford descobriu o próton em suas pesquisas. Um átomo de nitrogênio, ao ser bombardeado com partículas alfa, resulta em um átomo de oxigênio e uma partícula positivamente carregada, o próton. Esta é a equação da reação nuclear:



Mas o núcleo não poderia ser formado apenas por prótons - isso levaria a um núcleo com excessiva carga elétrica. Por exemplo, um núcleo de sódio ( $Z = 11$  e número de massa 23) necessitaria ter 23 prótons para esta massa, e então a sua carga seria 23 unidades de carga e não 11. Para explicar esta diferença, alguns cientistas chegaram a propor a existência de elétrons no núcleo.

Somente em 1932 esta dificuldade foi solucionada, com a descoberta de uma nova partícula por James Chadwick, que era produzida em consequência do bombardeamento de berílio com partículas alfa. Tal partícula teria uma massa quase igual à do próton e ausência de carga elétrica, sendo por isso chamada nêutron. A equação que representa a reação é:



Chegou-se, finalmente, ao conceito de núcleo formado por prótons e nêutrons.

#### 2. Isótopos e radioisótopos

**Texto 2:** Trechos do livro: *Módulos para o ensino de radioatividade*. Obra de Marcelo L. Eichler, Marcos Henrique Hahn Calvete e Tânia D. Miskinis Salgado, UFRGS.

A proposição de que o núcleo do átomo seria formado por prótons e nêutrons contribuiu para que se esclarecessem muitas dúvidas que os próprios cientistas tinham na época. Até aquele momento, eles se debatiam com problemas que pareciam ser insolúveis. Por exemplo: alguns átomos possuíam o mesmo número atômico ( $Z$ ), embora possuísem números de massa ( $A$ ) diferentes, o que levava os cientistas a crer que se tratava de elementos químicos diferentes. Por isso tentavam isolá-los (sem sucesso, evidentemente).

## OS ISÓTOPOS

Os cientistas puderam concluir, através de análises experimentais, que existiam átomos idênticos do ponto de vista químico, com diferentes níveis de radioatividade. A essa característica dos átomos radioativos, Soddy, em 1913, deu o nome isotopismo, que significa “mesmo lugar” na tabela periódica. No entanto, o conceito de isótopos logo se estendeu para átomos estáveis.

Com a descoberta do nêutron, por Chadwick, em 1932, ampliou-se o conceito de isotopismo. Um mesmo elemento químico pode ser formado por átomos de diferentes números de massa, o que significa que seus núcleos contêm o mesmo número de prótons (igual ao de elétrons na eletrosfera), mas números de nêutrons variáveis. Os isótopos de elementos que emitem radiações (radioativos) são os chamados de radioisótopos.

### **Atividade para discussão:**

O que são isótopos?

O que diferencia os isótopos de um mesmo elemento químico?

O que são os radioisótopos?

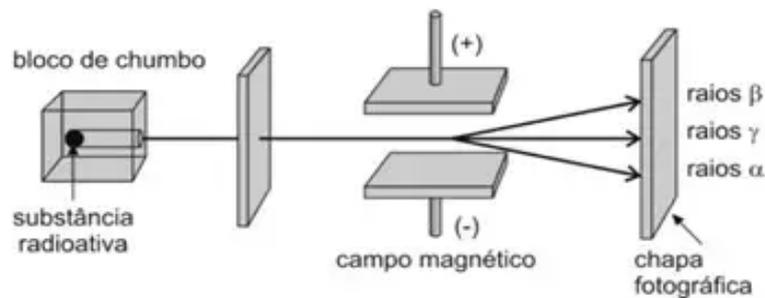
## **3. Decaimento**

### **Texto 3:** Trechos do livro: *ABC da Física Nuclear*. USP

Em 1899 Ernest Rutherford descobriu que os compostos de urânio produzem três tipos diferentes de radiação. Ele separou as radiações de acordo com seu poder de penetração e chamou-as radiação alfa, beta e gama. A radiação alfa pode ser bloqueada por uma folha de papel. Posteriormente, Rutherford descobriu que a radiação alfa era constituída de núcleos de átomos de hélio ( $\text{He}$ ) em alta velocidade. Partículas beta foram posteriormente identificadas

como elétrons em alta velocidade. Cerca de 6 mm de alumínio são necessários para parar a maioria das partículas beta. Vários centímetros de chumbo podem ser necessários para bloquear os raios gama, que descobriu-se são fótons de alta energia.

Figura 16: Experimento reproduzido por Rutherford.



Fonte: Imagem da internet.

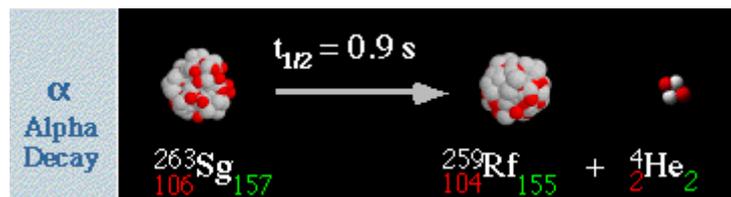
## Decaimento Alfa

A emissão de uma partícula alfa, ou o núcleo de  $4\text{He}$  é um processo chamado decaimento radiativo. Como partículas alfas contêm 2 prótons e 2 nêutrons, elas devem ser provenientes do núcleo do átomo. Após o decaimento de uma partícula alfa, o núcleo residual terá uma massa e uma carga diferente daquelas do núcleo original.

A mudança na carga nuclear (diminuição em duas unidades) significa que o elemento inicial foi mudado em um outro, no que é chamado transmutação. O velho sonho dos alquimistas, a transmutação, pode então ser realizada nesses processos de decaimento radiativo ou por reações nucleares.

O número de massa ( $A$ ) da partícula alfa é 4 e, portanto, o número de massa ( $A$ ) do núcleo decaindo será reduzido de 4 unidades, assim como o número atômico é reduzido de 2 unidades. Isso pode ser escrito em uma equação, similar a uma reação química. Por exemplo, para o decaimento de um isótopo do elemento seaborgio, o  $^{263}\text{Sg}$ :

Figura 17: Decaimento Alfa.



Fonte: Livro ABC da Física Nuclear

O número atômico do núcleo muda de 106 para 104, produzindo o rutherfordio, com massa atômica  $263-4 = 259$ . O decaimento alfa ocorre tipicamente em núcleos muito pesados, onde a repulsão eletrostática entre os prótons no núcleo é muito grande.

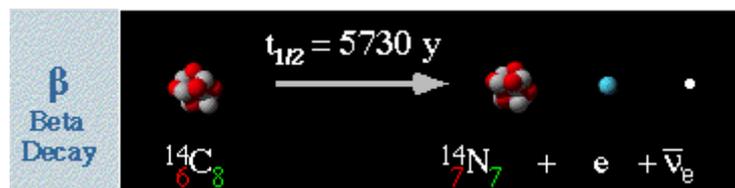
### Decaimento Beta

Partículas beta são partículas carregadas negativamente (elétrons) emitidas pelo núcleo. Como a massa do elétron é uma pequeníssima fração de uma unidade de massa atômica, a massa do núcleo que sofre decaimento beta é alterada somente por uma quantidade muito pequena.

O número de massa do núcleo não é alterado. O núcleo não contém elétrons. O elétron emitido no decaimento beta corresponde na verdade à transmutação de um nêutron em um próton, dentro do núcleo. Neste processo, é criado também uma outra partícula, o neutrino, que não tendo carga e interagindo muito fracamente com a matéria, passa normalmente despercebido.

No decaimento beta, o número de prótons no núcleo é aumentado de uma unidade, enquanto o de nêutrons diminui de uma unidade. Por exemplo, o isótopo de carbono, o  $^{14}\text{C}$  é instável e emite uma partícula beta, transmutando-se no isótopo estável de nitrogênio, o  $^{14}\text{N}$ .

Figura 18: Decaimento Beta.



Fonte: Livro ABC da Física Nuclear

### Decaimento Gama

Raios gama são um tipo de radiação eletromagnética que resulta de uma redistribuição das cargas elétricas em um núcleo. Um raio gama é um fóton de alta energia emitido pelo núcleo atômico. A única coisa que distingue um raio gama dos fótons de luz visível emitidos por uma lâmpada é o comprimento de onda. O comprimento de onda de um raio gama é centenas de milhares de vezes menor que o da luz visível (e, portanto, a frequência é centenas de milhares de vezes maior!).

Para núcleos complexos de elementos pesados, há inúmeras diferentes possibilidades em que os prótons podem se rearranjar dentro do núcleo. Raios gamas podem ser emitidos quando há uma mudança de uma configuração para outra. Nem o número de massa nem o número atômico de um núcleo se alteram quando um raio gama é emitido. Entretanto, a massa do núcleo também aqui sofre uma pequena diminuição, sendo convertida na energia do fóton.



**Apresentar vídeo:** *Tipos de radiação partícula alfa beta e radiação gama*– YouTube.

Duração: 2min08s.

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=N1TMhRKiOBk>

**Atividade para ser realizada em grupo:**

1. O que significa dizer que o átomo sofreu decaimento?
2. (UNIFOR CE) Na série de decaimento do  $^{92}\text{U}^{238}$  ocorrem as seguintes transformações nucleares:



Partindo do átomo de rádio até formar o átomo de bismuto, qual sequência de emissões radiativas?

3. (Enem PPL 2017) O avanço científico e tecnológico da física nuclear permitiu conhecer, com maiores detalhes, o decaimento radioativo dos núcleos atômicos instáveis, desenvolvendo-se algumas aplicações para a radiação de grande penetração no corpo humano, utilizada, por exemplo, no tratamento do câncer. A aplicação citada no texto se refere a qual tipo de radiação?
4. (UFRGS – aa - 2011) Em 2011, Ano Internacional da Química, comemora-se o centenário do Prêmio Nobel de Química concedido a Marie Curie pela descoberta dos elementos radioativos Rádio (Ra) e polônio (Po). Os processos de desintegração do  $^{224}\text{Ra}$  em  $^{220}\text{Rn}$  e do  $^{216}\text{Po}$  em  $^{212}\text{Pb}$  são acompanhados, respectivamente, da emissão de qual radiação?

#### 4. Meia Vida

**Texto 4:** Trechos do livro: *Módulos para o ensino de radioatividade*. Obra de Marcelo L. Eichler, Marcos Henrique Hahn Calvete e Tânia D. Miskinis Salgado, UFRGS.

“Como é possível ainda existir urânio ( $^{238}\text{U}$ ) na natureza, se ele sofre espontâneas e contínuas desintegrações radioativas?” A resposta é simples, não há desintegração de todos os átomos de uma amostra ao mesmo tempo, ou seja, somente uma parte do  $^{238}\text{U}$  sofre decaimento em um certo intervalo de tempo.

É difícil precisar quando ocorrerá decaimento de um certo radionuclídeo. Isso pode acontecer logo ou somente daqui a centenas de anos. No entanto, cada tipo de nuclídeo possui uma atividade típica, que é o número de desintegrações por unidade de tempo, ou seja, a velocidade do decaimento. Assim, uma dada fração de átomos radioativos sempre decairá em um determinado tempo. O tempo correspondente ao decaimento da metade dos átomos de uma amostra radioativa é chamado tempo de meia-vida, ou simplesmente, meia-vida.

Figura 19: Meia-vida e atividade de alguns nuclídeos.

Nuclídeo	Meia-vida	Atividade (em Bq) *
$^{238}\text{U}$	$4,5 \cdot 10^9$ anos	$1,24 \times 10^4$
$^{234}\text{Th}$	24,5 dias	$8,45 \times 10^{16}$
$^{234}\text{Pa}$	6,7 horas	$7,41 \times 10^{18}$
$^{234}\text{U}$	$2,7 \cdot 10^5$ anos	$2,10 \times 10^{10}$
$^{218}\text{Po}$	3 minutos	$1,07 \times 10^{21}$
$^{210}\text{Bi}$	5 dias	$4,60 \times 10^{17}$
$^{210}\text{Pb}$	19,4 anos	$3,25 \times 10^{14}$
$^{206}\text{Tl}$	4,3 minutos	$7,84 \times 10^{20}$

Fonte: Módulos para ensino de radioatividade.

#### Atividade para ser realizada em grupo:

Sugere-se que o/a professor/a disponibilize os temas da atividade nº4 para que as equipes se organizem e pesquisem sobre as aplicações da radioatividade e os acidentes radioativos.

#### 5. Fissão e Fusão

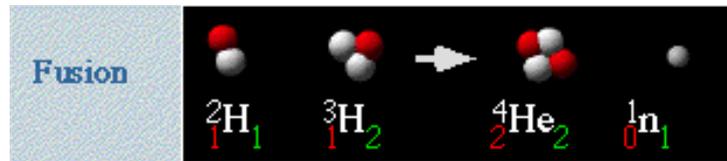
**Texto 5:** Trechos do livro: *ABC da Física Nuclear*. USP

##### Fusão

A fusão nuclear é um processo em que dois núcleos se combinam para formar um único núcleo, mais pesado. Um exemplo importante de reações de fusão é o processo de produção de energia no sol, e das bombas termonucleares (bomba de hidrogênio). Em futuros reatores de

fusão nuclear a reação entre dois diferentes isótopos de hidrogênio produzindo hélio deverá ser utilizada para produção abundante de energia.

Figura 20: Fusão.



Fonte: Livro do ABC da Física Nuclear

Esta reação libera uma quantidade de energia mais de um milhão de vezes maior que a que temos em uma típica reação química, como a queima de gás de cozinha. Esta enorme quantidade de energia é liberada nas reações de fusão porque quando dois núcleos leves se fundem, a massa do núcleo produzido é menor que a soma das massas dos núcleos iniciais.

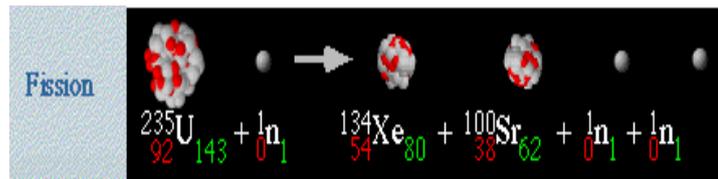
Embora a fusão seja um processo energeticamente favorável (exotérmico) para núcleos leves, ele não ocorre naturalmente aqui na Terra, devido as dificuldades naturais para se aproximar os reagentes (devido a repulsão eletrostática entre os dois núcleos). Para que as forças nucleares possam atuar. Reações de fusão estão acontecendo por bilhões de anos no universo. De fato, as reações de fusão são responsáveis pela produção de energia na maioria das estrelas, incluindo o nosso sol.

Cientistas na Terra foram capazes de produzir reações de fusão nuclear somente nos últimos 60 anos. Fusão entre núcleos mais pesados são produzidas, em pequenas quantidades, corriqueiramente em aceleradores de partículas. Podemos dizer que a fusão nuclear é a base de nossas vidas, uma vez que a energia solar, produzida por esse processo é indispensável para a manutenção da vida na Terra.

## Fissão

Fissão é um processo nuclear no qual um núcleo muito pesado se divide em dois núcleos menores. Um exemplo de reação de fissão, que foi utilizada nas primeiras bombas nucleares e que ainda é utilizada nos reatores nucleares é:

Figura 21: Fissão.



Fonte: Livro do ABC da Física Nuclear

Os produtos mostrados na equação acima são somente uma das muitas combinações possíveis na fissão do  ${}^{235}\text{U}$ . Reações de fissão podem produzir qualquer combinação de núcleos mais leves, desde que o número de prótons e o de nêutrons nos produtos seja igual àquele na situação inicial. Assim como na fusão, uma enorme quantidade de energia pode ser liberada na fissão, pois para núcleos pesados, a soma das massas dos produtos da reação é menor que a massa dos constituintes de antes da fissão.

A fissão ocorre porque a repulsão eletrostática criada pelo grande número de prótons contida nos núcleos pesados. Dois núcleos menores têm menor repulsão eletrostática interna que um único e maior núcleo. Desse modo, se a força de repulsão ficar maior que forte força nuclear que mantém o núcleo coeso, ele fissiona. Fissão pode ser vista como um cabo de guerra, tendo de um lado as forças fortes e atrativas (força nuclear) e do outro a força repulsiva eletrostática.

Na reação de fissão, as forças repulsivas eletrostáticas ganham. Fissão é um processo que vem ocorrendo no universo há bilhões de anos. Como mencionado acima, temos não somente utilizado a fissão para produzir bombas nucleares, mas também a usamos pacificamente todos os dias para produzir energia em usinas term nucleares. É interessante notar que embora o primeiro reator construído pelo homem tenha aparecido somente a cerca de 50 anos, a Terra operou um reator natural de fissão em um depósito de urânio na África do Sul, há cerca de 2 bilhões de anos.

**Apresentar vídeo:** *Fusão Nuclear x Fissão Nuclear* – YouTube. Duração: 4min09s.

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=LWQAq429zxo>

#### Atividade para discussão:

1. Qual a diferença entre fusão e fissão?
2. Onde se utiliza a fissão?

3. (PUC-RS) Instrução: Para responder à questão, associe os itens da coluna A às informações da coluna B.

Coluna A

1. Fissão Nuclear
2. Fusão Nuclear

Coluna B

- ( ) Processo cujos produtos são radioativos de longa duração.
  - ( ) Processo de conversão de energia que ocorre no Sol.
  - ( ) Processo de funcionamento da usina de Fukushima, onde, em 2011, houve um acidente nuclear.
4. (UFT) A energia nuclear pode ser liberada em processos de fissão e de fusão. No processo de fissão, utilizado nas usinas nucleares, um átomo de  $^{235}\text{U}$  absorve um nêutron e se fissiona em dois fragmentos mais três nêutrons, e uma quantidade  $\Delta E$  de energia é liberada na forma de radiação. Nas usinas nucleares, essa radiação gama:
- a) É absorvida pelos prótons, que alteram a orientação do spin.
  - b) Incide sobre uma placa metálica, extraindo elétrons para a produção da energia elétrica.
  - c) Incide sobre a água, que é aquecida, gerando vapor que movimenta a turbina de um gerador elétrico.
  - d) É absorvida pelos elétrons, que sofrem alteração nos seus níveis de energia para a produção de energia elétrica.
  - e) Incide sobre outro átomo de  $^{235}\text{U}$ , provocando uma reação em cadeia que permite a continuação do processo.

#### 4.1.4 Apresentação da atividade nº 4

## **APLICAÇÕES DA RADIAÇÃO NUCLEAR NO COTIDIANO (RISCOS E BENEFÍCIOS) E OS ACIDENTES NUCLEARES**

Esta atividade está voltada para os alunos e alunas exibirem suas pesquisas, feitas em grupo, sobre as aplicações da radiação nuclear e os acidentes nucleares. O propósito dessa atividade, além de favorecer a interação entre os/as estudantes, busca possibilitar a articulação entre o conteúdo conceitual e a contextualização da radioatividade com o mundo real.

### **Papel do Professor (a)**

Sugere-se que após as apresentações, o/a professor/a separe a turma em dois grandes grupos, iniciando assim um debate, em que um grupo precise defender a utilização da radiação nuclear e outro grupo seja contra a utilização. A função do/a docente é mediar a discussão entre os/as estudantes, assim incentivando para que apresentem suas ideias com relação aos riscos e benefícios da utilização da radioatividade no cotidiano.

### **Temas das pesquisas para apresentação dos trabalhos em equipe:**

- Aplicações da radioatividade na medicina.
- Aplicações da radioatividade na indústria.
- Aplicações da radioatividade na agricultura.
- Radioatividade para geração de energia elétrica.
- Acidente radioativo em Goiânia.
- Acidente nuclear em Chernobyl.

#### **4.1.5 Apresentação da atividade nº 5**

### **DEBATE SOBRE GÊNERO E CONFLITOS RELACIONADO AO FEMININO NO SÉCULO XXI**

A retomada ao debate a respeito das dificuldades encaradas pela Marie Curie enquanto mulher inserida nas ciências naturais (atividade nº 2), permite evidenciar aos estudantes a importância da discussão em relação a equidade de gênero, assim contribuindo para o desenvolvimento de cidadãos e cidadãs com senso crítico e conscientes sobre seu papel na sociedade. Essa atividade consiste em retomar o olhar para a pioneira da radioatividade, rerepresentar os fatos vividos pela cientista, com o intuito de atentar-se para esses fatos e perceber que o gênero não rotula o conhecimento, nem a capacidade de uma pessoa, em

qualquer esfera, seja ela, social ou científica. Ademais, voltar esse olhar para o século XXI e assim confrontar com as dificuldades vividas atualmente pelas mulheres.

### **Papel do Professor (a)**

Sugere-se que o/a professor/a, faça uma leitura coletiva com a turma, conduzindo uma discussão sobre o apagamento feminino nas ciências e em todos os âmbitos da sociedade. E durante a apresentação do vídeo busque propiciar aos estudantes uma visão crítica sobre as diversas opressões vividas por mulheres.

### **O que se espera**

A partir dessa atividade, se espera que com base em uma relação interativa, os/estudantes compreendam a importância do debate sobre equidade de gênero, e busquem serem agentes importantes contra as diferentes opressões.

### **Material didático**

- Texto para discussão
- Projetor multimídia
- Vídeo

## **DIRECIONAMENTO DA ATIVIDADE 5**

**Texto:** Trecho do livro *Mulheres cientistas: Marie Curie: livro de passatempo*, de Camila Silveira, *et al* – Curitiba: UFPR, 2021.

### **O legado de Marie Curie para a humanidade**

Marie Curie é uma personalidade complexa, e é sempre difícil descrever e expor todos os seus grandes feitos de mulher pioneira, estudante brilhante, cientista excepcional, professora dedicada, heroína de guerra, inventora perspicaz, pacifista, polonesa, francesa, cidadã do mundo, filha, irmã, nora, mãe, avó. As suas contribuições científicas sobre a Radioatividade, o átomo e a Tabela Periódica impulsionaram novas formas de fazer Ciência e de compreensão sobre os fenômenos da natureza. Os usos medicinais da radiação, os equipamentos de radiologia, os experimentos com elementos radioativos, a medida-padrão do rádio, devemos muito à ela! Na Tabela Periódica, o elemento químico de número atômico 96 foi nomeado como cúrio, em homenagem à Marie e Pierre Curie. Escolas, universidades, institutos de pesquisa, museus e outros espaços, levam seu nome. Sua imagem icônica já figurou em notas monetárias,

monumentos, capas e conteúdos de inúmeras publicações. Sua história já foi peça de teatro, filme e diversas biografias. Mas, há ainda muitas pessoas que não a conhecem ou que ainda a resume como a maior ganhadora de Nobel nas áreas científicas. Marie inaugurou caminhos para que muitas mulheres pudessem ocupar os espaços científicos, inspirou gerações, e continua nos surpreendendo ao passo em que tomamos contato com os documentos históricos sobre sua vida e obra. O seu legado para a humanidade é tamanho!

**Apresentar vídeo:** *Igualdade de gênero* – YouTube. Duração: 2min36s.

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=ZCGLC-vziRc>

#### 4.2 DISCUSSÃO DAS ATIVIDADES

Inicialmente ao se pensar em uma sequência guiada pela teoria de Mehéut e Psillos (SEA) com a temática principal voltada para a evolução histórica e as contribuições de Marie Curie, estimou-se que pode gerar uma aprendizagem significativa para o ensino de radioatividade no ensino médio, utilizando métodos e estratégias diversas para proporcionar uma contextualização e um maior entendimento dos conceitos químicos. Com o intuito de contemplar a dimensão epistêmica e a dimensão pedagógica nas atividades estavam presentes tais estratégias que contemplasse a diversificação, são elas: atividades em grupo, seminários, apresentação de vídeos, aulas expositivas dialogadas.

A primeira atividade com a apresentação de trechos do livro “A ciência através dos tempos”, demonstrou que poderá ser vantajosa para provocar e aproximar a atenção dos alunos e alunas quanto ao tema, o que pode possibilitar para que os estudantes compreendam o conhecimento científico como uma construção social que sofre transformações, propiciando para esclarecer a natureza da ciência. Por meio de interações na sala de aula, os alunos e alunas serão agentes ativos no desenvolvimento do ensino aprendizagem, e com a utilização do mapa conceitual como ferramenta didática pode favorecer e facilitar a construção da aprendizagem. Além disso, por meio dessa atividade busca considerar as concepções prévias dos alunos e alunas em relação ao conhecimento científico, procurando questionar suas hipóteses e considerando seus saberes populares.

A segunda atividade ao utilizar o vídeo como um recurso tecnológico pode contribuir para facilitar a compreensão do conteúdo, além do mais, propor uma aula mais interessante, não monótona, que aguce a curiosidade dos/das estudantes. Essa atividade também propôs um material didático entusiasmante, por meio do caça palavras presente no livro “Mulheres

cientistas: Marie Curie: livro de passatempo”, que se torna um elemento motivador que pode contribuir significativamente no processo de aprendizagem. Sendo assim uma atividade distinta da abordagem tradicional. Também podemos destacar, a importância da atividade no que diz respeito a conscientização e promoção da diversidade nas aulas de química. Por meio do seminário os alunos e as alunas partindo de uma dinâmica reflexiva poderão compreender seu papel na sociedade e assim, a atividade propicia o desenvolvimento de seres pensantes.

As aulas expositivas dialogadas, presentes na terceira atividade, buscam propiciar uma interação entre professor/a - aluno/a, onde o/a professor/a pode se atentar as concepções prévias dos estudantes fazendo com que os alunos e alunas sejam ativos na construção do conhecimento. Também evidenciamos a importância desta atividade para viabilizar o aprendizado dos conteúdos conceituais de radioatividade com a utilização de textos e atividades contextualizadas, que procuram trazer além dos conteúdos a presença e aplicações no cotidiano.

A quarta atividade por meio das futuras apresentações dos estudantes sobre as aplicações da radioatividade no cotidiano, contribuirá para aproximar os conhecimentos científicos do mundo real. Nesse sentido, irá auxiliar na construção e contextualização dos conceitos químicos, favorecendo para compreender o fenômeno radioativo. Através da dinâmica após as apresentações os/os estudantes poderão construir seus argumentos, organizando e expondo suas ideias, no qual irão considerar os conceitos científicos aprendidos atrelados ao seu conhecimento do mundo material.

A quinta atividade fazendo o uso do texto presente no livro “Mulheres cientistas: Marie Curie: livro de passatempo”, busca promover uma discussão na sala de aula que favoreça a interação, contribuindo para que os alunos e alunas haja como agentes ativos na construção do saber. O texto também se mostra como um recurso didático acessível, tanto na questão da linguagem empregada quanto na questão da aquisição do material. A atividade se mostra proveitosa ao utilizar o vídeo como recurso didático motivador e facilitador, o qual pode ser uma boa ferramenta para chamar atenção dos/das estudantes e, com isso, valorizar a prática pedagógica. Nessa atividade também será possível contemplar as vivências e particularidades dos alunos e alunas.

Durante toda a sequência de ensino-aprendizagem foi possível contemplar a dimensão epistêmica e a dimensão pedagógica, conseguindo favorecer a inclusão dos vértices presentes no losango didático de Mehéut e Psillos. Como por exemplo, nos momentos das atividades em

grupo e das discussões mediadas pelo/a professor/a, onde compreendeu a interação professor-alunos e aluno-aluno. Também podemos ressaltar momentos da sequência em que está presente o entrelaçamento entre o aluno-mundo material, na atividade quatro, em que compreende a dimensão epistêmica se aproximando do mundo real por meio das aplicações da radioatividade.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa proposta de sequência de ensino-aprendizagem pode, possivelmente, contribuir significativamente para o processo de ensino aprendizagem no conteúdo de radioatividade, propiciando o desenvolvimento do saber científico pautado na contextualização de ciência socialmente construída, além do mais, promove a inclusão da mulher e o debate sobre gênero nas aulas de Química.

A proposição dessa sequência entrelaçou as dimensões epistêmica e pedagógica facilitando e desenvolvendo as interações que fazem parte do processo de ensino e aprendizagem. Onde viabilizou a aproximação do conhecimento científico do mundo material e compreendeu a relação professor/a – aluno/a, como também, a relação aluno/a - aluno/a. Um dos pontos cruciais dessa proposta é o olhar para a equidade de gênero, pois precisamos promover ações que incluam e debatam sobre a presença feminina, visto que independentemente de nos dias atuais estarmos progredindo na inclusão feminina nas ciências, é importante fazermos uma reparação histórica, fazendo com que mais pessoas conheçam a história das mulheres. Além disso, é importante para fazer com que meninas se enxerguem como agentes presentes na sociedade e que entenda as diversas opressões vigentes, para então, libertar-se.

Essa sequência não visa ditar como o professor/a deve agir, mas serve como instrumento facilitador para prática docente, considerando que o professor/a deva olhar o ensino de química para além de fórmulas e busque ter um papel reflexivo sobre a sociedade, com isso contribua para formação humana dos alunos e alunas. Pois, o trabalho docente não se resume apenas ao domínio e mediação dos conhecimentos científicos, o/a docente deve compreender que o principal objetivo da escola é a formação moral e cidadã.

Com base nisso, o futuro objetivo com essa sequência de ensino-aprendizagem é aplicá-la em sala de aula para colocar em prática e coletar seus resultados.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. M. Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação. São Paulo, SP: **Atlas**, 2010

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3ed. Bookman. 2006.

BEAUVOIR, Simone de. **O Segundo Sexo: experiência vivida**. 2 ed. Tradução de Sérgio Milliet. São Paulo: Difusão Europeia do Livro, 1967.

BECQUEREL, H. **El descubrimiento de la radioactividad**. Introdução e trad. De Cortés Pla. Buenos Aires: espasa-Calpe, 1946.

CHASSOT, A. **ciência através dos tempos**, 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2004.

CHASSOT, Attico. A Ciência é Masculina? É, sim senhora! **Revista Contexto e Educação**, Rio Grande do Sul, n. 71, 2004.

CURIE, Marie. Autobiographical notes. In: \_\_\_\_\_. **Pierre Curie**. New York: Macmillian Company, 1923. p. 68-108

CURIE, M.. **Escritos Biográficos**. Tradução de Palmira Feixas. Espanha: Univ. Autònoma Barcelona, 2011.

CURIE, M. S. Les rayons de Becquerel et le polonium. **Révue Générale des Sciences**, v. 10, p. 41-50, 1899.

CURIE, m. s. Rayons émis par les composés de l'uranium et du thorium. **Comptes Rendus**, v. 126, p. 1101-1103, 1898.

CURIE, P.; CURIE, M. S. Sur une substance nouvelle radio-active, contenue dans la pechblende. **Comptes Rendus**, v. 127, p. 175-178, 1898.

CUTRUFELLI, M. R. **La ciudadanía. Olympe de Gouges. La mujer que vivió por um sueño**. Barcelona: Aribau, 2007, p.45

DE OLIVEIRA, P. P. A quarta onda do feminismo na literatura norte-americana. **Palimpsesto – Revista do programa de Pós-Graduação em Letras da UERJ**, [S.1], v.18, n. 30, p. 67-84, nov. 2019. Disponível em:

<https://www.epublicacoes.uerj.br/index.php/palimpsesto/article/view/42952/31239>. Acesso em: 24 set.2022. doi:<https://doi.org/10.12957/palimpsesto.2019.42952>.

EÍCHLER, M.; CALVETE, M.; SALGADO, T. **Módulos para o ensino de radioatividade**. [recurso eletrônico]. UFRGS. Rio Grande do Sul.

FELGUEIRAS, Ana M. Cláudia Leal. Breve Panorama Histórico do Movimento Feminista Brasileiro: das Sufragistas ao Ciberfeminismo, **Revista Digital Simonsen**, n. 6, p. 108-121, maio 2017. Disponível em: <http://www.simonsen.br/revista-digital/wpcontent/uploads/2017/05/montagem-da-revista-Reparado111.pdf>. Acesso em: 10 set. 2022.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo, SP: **Atlas**, 2002.

FRANCHINI, B. S. O que são as ondas do feminismo? in: **Revista QG Feminista**. 2017. Disponível em: <https://medium.com/qg-feminista/o-que-s%C3%A3o-as-ondas-do-feminismoeed092dae3a>. Acesso em: 15/09/2022

MACH, E. **The Science of Mechanics**, **Open Court Publishing Company**, LaSalle II. 1960.

MARTINS, Roberto. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, Florianópolis, 7: 27-45, jun. 1990.

MATTHEWS, Michael. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v.12, n,3: p. 164 – 214, dez. 1995. Tradução por Claudia Mesquita de Andrade.

MÉHEUT, M. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In: BORESMA, K; et al (eds.) **Research and Quality of Science Education**. Holanda: Spring, 2005, p. 195-207. Livre tradução de Celso José Viana Barbosa.

MEHÉUT, M.; PSILLOS, D. **Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research**. *International Journal of Science Education*, 26(5), p. 515-535. 2004

MIRANDA, Cynthia Mara. Os movimentos feministas e a construção de espaços institucionais para a garantia dos direitos das mulheres no Brasil e no Canadá. *Interfaces Brasil/Canadá: Revista Brasileira de Estudos Canadenses*, Canoas, v. 15, n. 1, p. 347-385, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/interfaces/article/view/6721>. Acesso em: 01 abr. 2021.

MONTER, William. **Ritual, Myth and Magic in Early Modern Europe**. Brighton, The Harvester Press, 1982, p.127.

PERROT, M. **Minha história das mulheres**. 2. Ed., São Paulo: Contexto, 2019.

PEUMERY, J. Marie-Anne Pierrette Paulze, épouse et collaboratrice de Lavoisier. **Vesalius**, VI, 2,105-113, 2000.

PINHEIRO, B. **@Descolonizando\_saberes: Mulheres negras na ciência**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2020.

QUINN, Susan. **Marie Curie: uma vida**. Tradução Sonia Coutinho. São Paulo: Scipione Cultural, 1997.

REGUANT, Dolores. **La mujer no existe**. Bilbão: Maite canal, 1996, p. 20. In: Victoria Sal. *Diccionario ideológico feminista*, vol. III. Barcelona: Icaria, 2001

SAITOVITCH, E. et al. **Mulheres na Física: casos históricos, panorama e perspectivas**. São Paulo: Livraria da Física, 2015.

SANTOS, P. N. **Gênero e Ciências em três corpos de Maria**. Orientadora: Rochele de Quadros Loguercio. 2018. 108 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências.) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

SCHENEIR, M. **Feminism, the essential historical writings**. New York: Vintage Books, 1972.

SILVA, Quézia. **Mulheres da química: apagamento (?) do feminino em narrativas circulares no meio científico**. Orientador: Saimonton Tinôco. TCC (Graduação) – Universidade Federal do Paraíba, Areia, 2020.

SILVEIRA, C. et al. **Mulheres cientistas: Marie Curie: Livro de passatempo** [recurso eletrônico]. Curitiba, 2021.

SOLBES, J.; TRAVER, M. J. La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 1, 1996. p. 103-112.

TOSI, Lúcia. **Mulher e ciência: a revolução científica, a caça às bruxas e a ciência moderna**. Campinas: Cadernos pagu, n. 10, 1998. p. 369-397.

USP. Universidade de São Paulo. **ABC da Física Nuclear**. Disponível em: <https://portal.if.usp.br/fnc/pt-br/p%C3%A1gina-de-livro/livro-abc-da-f%C3%ADsica-nuclear>. Acesso em: 29 set. 2022.

USP. Universidade de São Paulo. **Declaração de direitos do homem e do cidadão – 1789**. Disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Documentos-anteriores-%C3%A0-cria%C3%A7%C3%A3o-da-Sociedade-das-Na%C3%A7%C3%B5es-at%C3%A9-1919/declaracao-de-direitos-do-homem-e-do-cidadao-1789.html>. Acesso em: 19 ago. 2022.

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

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE SONDAAGEM

Qual gênero você se identifica?

- Feminino
- Masculino
- Outro. Qual?

Qual sua maior dificuldade em relação ao ensino de química?

Você conhece algum fato/acidente relacionado a história da química?

Você conhece algum (a) cientista que fez parte da história da química? Se sim, qual?

Você já ouviu falar sobre mulheres que tiveram participação na história da química? Se sim, qual?

Você acredita que mulheres tiveram participação ativa na história da ciência?

Você, aluna, se sente representada/acredita que teria uma trajetória de sucesso na área das ciências da natureza?