

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

**Beatriz Gatti de Castro**

**Marguerite Catherine Perey do *Institut du Radium* à Academia Francesa de Ciências: o Frâncio e a Tabela Periódica no Ensino de Química, sob o viés da contribuição feminina**

JUIZ DE FORA  
2022

**Beatriz Gatti de Castro**

**Marguerite Catherine Perey do *Institut du Radium* à Academia Francesa de Ciências: o Frâncio e a Tabela Periódica no Ensino de Química, sob o viés da contribuição feminina**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito para obtenção do grau de Mestre em Química. Área de Concentração: Educação em Química.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ivoni de Freitas Reis

JUIZ DE FORA  
2022

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

de Castro, Beatriz Gatti.

Marguerite Catherine Perey do Institut du Radium à Academia Francesa de Ciências: o Frâncio e a Tabela Periódica no Ensino de Química, sob o viés da contribuição feminina / Beatriz Gatti de Castro. -- 2022.

96 f. : il.

Orientadora: Ivoni de Freitas Reis

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Química, 2022.

1. História da Ciência. 2. Marguerite Perey. 3. Frâncio. 4. Tabela Periódica. 5. Academia Francesa de Ciências. I. Reis, Ivoni de Freitas, orient. II. Título.

**Beatriz Gatti de Castro**

**Marguerite Catherine Perey do Institut du Radium à Academia Francesa de Ciências: o Frâncio e a Tabela Periódica no Ensino de Química, sob o viés da contribuição feminina**

Dissertação  
apresentada  
ao Programa de Pós-  
Graduação em  
Química  
da Universidade  
Federal de Juiz de  
Fora como requisito  
parcial à obtenção do  
título de Mestre em  
Química. Área de  
concentração:  
Educação em  
Química.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

**Profa. Dra. Ivoni de Freitas Reis** - Orientador  
Universidade Federal de Juiz de Fora

**Prof. Dr. Sérgio Paulo Jorge Rodrigues**  
Universidade de Coimbra

**Profa. Dra. Ingrid Nunes Derossi**  
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Juiz de Fora, 18/02/2022.



Documento assinado eletronicamente por **Sérgio Paulo Jorge Rodrigues, Usuário Externo**, em 25/02/2022, às 16:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Ingrid Nunes Derossi, Usuário Externo**, em 25/02/2022, às 16:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Ivoni de Freitas Reis, Professor(a)**, em 25/02/2022, às 16:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf ([www2.ufjf.br/SEI](http://www2.ufjf.br/SEI)) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **0685588** e o código CRC **3EA883EC**.

---

*“É o meu desejo mais sério que alguns de vocês continuem a fazer o trabalho científico e mantenham a ambição e a determinação de fazer uma contribuição permanente para a Ciência.”*

(Marie Curie)

## **Agradecimentos**

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me permitido chegar até aqui mesmo em tempos tão difíceis e atípicos. À minha Mãezinha Aparecida, obrigada por ter me segurado e guiado meus caminhos, desde a Graduação até o Mestrado. Sei que estará comigo hoje e sempre, independente do caminho.

Agradeço aos meus pais, Renato e Christiane, que sempre me motivaram e me ajudaram nessa caminhada que, por muitas vezes, não foi fácil. Essa conquista também é de vocês.

Ao meu irmão e afilhado, Fillipe, que mesmo sem saber me motivava a cada novo dia e me mantinha de pé. Às minhas afilhadas, Lara e Nathalia, por também serem minhas fontes de motivação e força. Vocês, meus afilhados, são meu coração fora do peito.

Aos meus avós, Marilena e Diorne, por todo o apoio desde sempre, pelas conversas e conselhos desde que me entendo por gente. Com lágrimas nos olhos agradeço à minha avó Edine que viu de perto meu ingresso no Mestrado mas que, infelizmente, não está aqui para ver esse sonho se concretizando. Sinto sua falta todos os dias e, no momento que pensei em desistir, sei que mesmo de longe você olhou por mim e não deixou. Vô Jorge, espero que esteja orgulhoso e olhando por mim de onde estiver. Por vocês e para vocês, sempre.

Um agradecimento mais do que especial à minha orientadora, Ivoni, que mesmo sem me conhecer, no início de tudo, mergulhou de cabeça em minhas ideias e sempre me orientou com maestria. Me faltam palavras para agradecer por tanto ensinamento, me sinto imensamente grata e privilegiada por ter saído de Volta Redonda e ido para Juiz de Fora e ter conhecido uma mulher, professora e cientista tão espetacular como você. Espero que essa nossa parceria não acabe aqui, tenho muito o que aprender com você (a gente se vê no Doutorado).

Ao meu amigo Cláudio, obrigada por também ter sido minha base e me ajudado a ficar de pé. Quando mais precisei você estava lá para me fazer rir, me confortar e falar exatamente o que eu precisava ouvir.

Depois de um ano tão difícil e desafiador que jamais imaginei enfrentar, agradeço a mim. Não por egocentrismo, mas por ter tido forças para levantar mesmo após cada dificuldade enfrentada. Agradeço especialmente à Beatriz da graduação que não desistiu do tão sonhado Mestrado na UFJF. E à futura Beatriz, aguenta firme, ainda tem muito caminho pela frente e eu quero te agradecer novamente em 4 anos, no fim do Doutorado.

## RESUMO

Esta dissertação discute a presença de mulheres na ciência, até hoje nada justa e igualitária, e a falta de estímulos para participação destas na área Científica e Tecnológica. A partir de uma busca na História da Ciência e em estatísticas recentes foi possível perceber que a exclusão e desvalorização de mulheres neste âmbito é resultado de questões históricas nas quais era negado a elas o acesso à educação científica, uma vez que se defendia a ideia de que os homens eram aptos a realizarem atividades intelectuais enquanto elas deveriam realizar apenas atividades domésticas. Para romper com essa concepção, consideráveis mudanças no eixo científico e tecnológico são necessárias e, uma das estratégias utilizadas, é o estudo acerca da carreira pessoal e profissional de cientistas do sexo feminino que contribuíram para o desenvolvimento destas áreas. Neste sentido, justifica-se o estudo sobre a vida de Marguerite Catherine Perey (1909-1975), cientista francesa responsável pelo isolamento e caracterização do elemento químico Frâncio e a primeira mulher a ingressar na Academia Francesa de Ciência (FAS). Com o objetivo geral de reconhecer, valorizar e divulgar a participação de mulheres na Ciência, além de discutir as contribuições da Tabela Periódica no Ensino de Química a partir de sua história e da presença feminina, optamos pela metodologia de estudo de caso para este trabalho. Essa organização nos permitiu investigar um fenômeno dentro do seu contexto de realidade, possibilitando um conhecimento mais amplo e detalhado e, para isso, contamos com um levantamento bibliográfico a respeito da participação feminina na Ciência, da vida e legado de Marguerite Perey, da descoberta do Frâncio, da sua eleição para a FAS e da história da Tabela Periódica. A partir disso, obtivemos acesso a obras de origem primária e secundária, contando com artigos científicos, publicações em jornais e revistas da época, anotações em cadernetas de laboratório e relatórios semanais da FAS, os quais foram analisados de maneira qualitativa. Ao longo desta dissertação, foi possível concluir a importância do trabalho de Marguerite para a Ciência, mais especificamente para a Tabela Periódica, e para a história da Academia Francesa de Ciências. Sua eleição foi imprescindível para que demais mulheres ingressassem e chegassem a cargos superiores na instituição, como a chefia da seção de Química, cargo atualmente ocupado por uma cientista francesa, o que reforça nossa discussão a respeito da (in)visibilidade de mulheres na área da Ciência.

Palavras-Chave: História da Ciência. Gênero e Ciência. Marguerite Catherine Perey. Frâncio. Academia Francesa de Ciências. Tabela Periódica no Ensino.

## ABSTRACT

This dissertation discusses the women presence in Science, until today not fair and equal, and the lack of stimulus for their participation in the Scientific and Technological area. From a research in History of Science and recent statistics, it was possible to observe that the women exclusion and devaluation in this context comes from historical issues in which they were denied access to scientific education, because the idea that men were able to realize intellectual actives while women should only realize domestic actives was defended. To break away from this idea, considerable changes in scientific and technological area are necessary and, one of the strategies used, is the study of the personal and professional careers of female scientists that contributed to development of these areas. In this sense, the study of the Marguerite Catherine Perey's (1909-1975) life, French scientist responsible for the isolation and characterization of the chemical element Francium and the first woman to join the French Academy of Science (FAS), is justified. With the main goal of recognizing, valuing and publicizing the women's participation in Science, in addition to discussing the Periodic Table contributions to the Chemistry Teaching from its history and the female presence, we chose the case study methodology for this work. This methodology allowed us to investigate event within its context of reality, making a broader and more detailed knowledge possible and, for this, we had a bibliographic survey about the women's participation in Science, the Marguerite Perey's life, the discovery of Francium, her election to the FAS and the Periodic Table's history. We obtained access works of primary and secondary origin, like scientific articles, newspapers and magazines publications, notes in laboratory notebooks and weekly FAS reports, which were analyzed in a qualitative way. Throughout this dissertation, it was possible to conclude the importance of Marguerite's job for Science, more specifically for the Periodic Table, and for the French Academy of Science's history. Her election was essential for other women to enter and reach higher positions in the institution, as the head of the Chemistry section, a position nowadays occupied by a female French scientist, which reinforces our discussion about the (in)visibility of women in Science.

Key Words: History of Science. Gender and Science. Marguerite Catherine Perey. Francium. French Academy of Science. Periodic Table in Teaching.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Número de mulheres cadastradas no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico entre os anos de 2000 a 2016 .....	22
Figura 2 - Villemomble - A antiga estação Coquetiers, no início do século XX. ....	26
Figura 3 - Alunas da escola técnica para mulheres em Paris.....	27
Figura 4 - Marguerite Perey, primeira mulher à esquerda, na biblioteca do laboratório de Marie Curie .....	29
Figura 5 - Pierre e Marie Curie no laboratório .....	31
Figura 6 - Marguerite Catherine Perey, no fundo à direita, no laboratório de Marie Curie.....	32
Figura 7 - Uma das raras imagens de Marguerite Perey (à esquerda) e Sonia Cotelle (1896-1945) no jardim do Institut du Radium .....	32
Figura 8 - Elementos originados por decaimentos radioativos do Actínio.....	34
Figura 9 - Relação entre o actínio e seu produto de desintegração Eka-Césio.....	35
Figura 10 - Marguerite Perey durante seus trabalhos com o Actínio no Instituto do Rádio ....	36
Figura 11 - Palestra inaugural de Marguerite Perey no dia 8 de novembro de 1949 .....	37
Figura 12 - Marguerite Perey e seu primeiro aluno de pesquisa, Jean Pierre Adloff.....	38
Figura 13 - Encontro do Comitê Científico do CNRS em 1951.....	39
Figura 14 - Membros da Royal Academy of Sciences para o Rei Louis XIV em 1667.....	40
Figura 15 - Marguerite Catherine Perey em 1960 .....	41
Figura 16 - Uma das notícias sensacionalistas publicada em um jornal francês.....	44
Figura 17 - História em quadrinhos relatando a vida de Madame Perey .....	44
Figura 18 - Placa de bronze localizada em frente ao auditório que carrega o nome da cientista .....	48
Figura 19 - Marguerite Catherine Perey em Nice no ano de 1971 .....	49
Figura 20 - Tabela Periódica com o espaço do Eka-Cs marcado por uma seta.....	50
Figura 21 - Família radioativa do Actínio .....	53
Figura 22 - Curva experimental que simboliza a atividade observada em uma amostra de actínio sem seus derivados .....	55
Figura 23 - Curva experimental que simboliza as atividades alfa e beta de um produto de actínio recém purificado .....	55
Figura 24 - A ramificação alfa do actínio e sua família .....	56
Figura 25 - Primeira menção no caderno de Marguerite sobre o elemento AcK .....	57
Figura 26 - Primeira Câmara de Nuvem feita por Wilson.....	58

Figura 27 - Família radioativa do actínio .....	59
Figura 28 - Gráfico que representa a diferença de atividade entre o membro inferior G contendo o sarcoma e o membro inferior D saudável.....	64
Figura 29 - Gráfico que representa a atividade dos radioelementos durante a cromatografia em papel .....	67
Figura 30 - A Tabela Periódica dos 33 elementos de Lavoisier.....	69
Figura 31 - Parafuso Telúrico proposto por Chancourtois .....	71
Figura 32 - A Tabela das Oitavas de Newlans publicada em 1865.....	72
Figura 33 - A Tabela Periódica de Meyer publicada em 1869 .....	72
Figura 34 - Tabela original de Mendeleev publicada na Rússia em 1869.....	73
Figura 35 - Tabela Periódica dos Elementos .....	74
Figura 36 - Cientistas que contribuíram para a Tabela Periódica.....	80

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>FAS</b>	Academia Francesa de Ciências
<b>BNCC</b>	Base Nacional Comum Curricular
<b>CRN</b>	<i>Centre de Recherches Nucléaires</i>
<b>CNRS</b>	<i>Centre National de la Recherche Scientifique</i>
<b>C&amp;T</b>	Ciência e Tecnologia
<b>Crispr</b>	<i>Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats</i>
<b>CNEN</b>	Comissão Nacional de Energia Nuclear
<b>CNPq</b>	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
<b>Compt. rend.</b>	<i>Comptes Rendus</i>
<b>ENEQs</b>	Encontros Nacionais de Ensino de Química
<b>ENPECs</b>	Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação
<b>Fiocruz</b>	Fundação Oswaldo Cruz
<b>HC</b>	História da Ciência
<b>MLF</b>	<i>Mouvement de Libération des Femmes</i>
<b>ONU</b>	Organização das Nações Unidas
<b>mRNA</b>	RNA mensageiro
<b>SMEQs</b>	Simpósios Mineiros de Educação Química
<b>SBPC</b>	Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC)
<b>TP</b>	Tabela Periódica

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>1 AS MULHERES E A (IN)VISIBILIDADE NA CIÊNCIA</b> .....	17
<b>2 DA FRANÇA PARA O MUNDO: A TRAJETÓRIA DE MARGUERITE PEREY, A RESPONSÁVEL PELO ISOLAMENTO E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO FRÂNCIO</b> .....	26
2.1 DA INFÂNCIA À ESCOLA TÉCNICA.....	26
2.2 AS PESQUISAS DE MARIE CURIE ANTES E DEPOIS DA CHEGADA DE MARGUERITE PEREY.....	30
2.3 OS TRABALHOS NO <i>INSTITUT DU RADIUM</i> E UM BREVE RESUMO SOBRE A DESCOBERTA DO FRÂNCIO.....	33
2.4 A VIDA DE M. C. PEREY APÓS A DESCOBERTA DO FRÂNCIO.....	36
2.5 UMA PAUSA PARA TRATAR DA HISTÓRIA DA ACADEMIA FRANCESA DE CIÊNCIAS.....	39
2.6 A ELEIÇÃO DE MARGUERITE CATHERINE PEREY PARA A ACADEMIA FRANCESA DE CIÊNCIAS.....	41
2.7 OS ÚLTIMOS ANOS DE MARGUERITE PEREY E SUA RELAÇÃO COM A MÍDIA.....	43
<b>3 UM ESTUDO MAIS DETALHADO SOBRE O ISOLAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO FRÂNCIO</b> .....	50
3.1 AS PRIMEIRAS IDEIAS A RESPEITO DO ELEMENTO QUÍMICO DE NÚMERO ATÔMICO 87.....	50
3.2 A DESCOBERTA DO EKA-CESIUM.....	52
3.3 A PROVA DA EXISTÊNCIA DO ACK.....	57
3.4 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE EMISSÃO DO ACK.....	58
3.5 OS RADIOISÓTOPOS NA MEDICINA E A POSSÍVEL UTILIZAÇÃO DO FRÂNCIO.....	60
3.6 OS TRABALHOS DESENVOLVIDOS POR MARGUERITE PEREY E JEAN-PIERRE ADLOFF: UMA NOVA METODOLOGIA DE SEPARAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DO FRÂNCIO.....	64
<b>5 O FRÂNCIO, A TABELA PERIÓDICA E O ENSINO DE QUÍMICA</b> .....	69
5.1 UM BREVE HISTÓRICO DA TABELA PERIÓDICA.....	69
5.2 A LOCALIZAÇÃO DO FRÂNCIO NA TABELA PERIÓDICA E OS METAIS ALCALINOS.....	75
5.3 AS MULHERES QUE CONTRIBUÍRAM PARA A CONSTRUÇÃO DA TABELA PERIÓDICA.....	76
5.4 A TABELA PERIÓDICA, A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE QUÍMICA.....	82
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	86
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	89

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do pensamento científico e das teorias científicas está diretamente relacionado com a própria cultura na qual foram gerados. Embora nos dias atuais possamos enxergar maior participação feminina na ciência, nem sempre foi assim, uma vez que as mulheres sofreram, e ainda sofrem, com uma grande exclusão e desvalorização na área (PRADO, RODRIGUES, 2019). Isso implica consideráveis mudanças para aproximá-las da ciência e uma das estratégias utilizadas para alcançar tais transformações é o estudo acerca da história de importantes mulheres que contribuíram com seus trabalhos para o desenvolvimento da área ao longo dos tempos e que, por questões históricas, não obtiveram o devido reconhecimento.

É nesse sentido que se justifica o estudo sobre a vida de Marguerite Catherine Perey (1909-1975), cientista francesa responsável pelo isolamento e caracterização do elemento químico Frâncio. Marguerite foi a primeira mulher a assinar sozinha<sup>1</sup> uma nota de divulgação sobre a descoberta de um elemento químico, além de ser a primeira mulher a compor a Academia Francesa de Ciências (FAS). Com o intuito de motivar e incentivar futuras pesquisas acerca da trajetória de mulheres na ciência, valorizando e reconhecendo-as, nos comprometemos a pesquisar e divulgar os trabalhos de Marguerite Perey e sua contribuição para a Química.

Para isso, foi realizado, de março de 2020 a fevereiro de 2021, um levantamento bibliográfico no portal periódico CAPES buscando, inicialmente, por “Marguerite Catherine Perey” tendo como resultado 3 artigos científicos. Ao buscar por “Marguerite Perey”, obtivemos 36 resultados, sendo 23 deles publicados entre os anos de 2010 e 2021. Ao refinar a busca por “Marguerite Perey” e “Frâncio”, obtivemos apenas 2 resultados e nenhum para a busca contendo as palavras “Marguerite Perey” e “Academia Francesa de Ciências”, sendo todos eles de fonte secundária contendo apenas citações sobre a cientista.

Nos Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação (ENPECs) e Encontros Nacionais de Ensino de Química (ENEQs), de 2001 a 2019, não houve trabalhos a respeito do tema. Porém, na revista Química Nova foram publicados dois trabalhos, no ano de 2019, que mencionam o nome de Perey; enquanto na revista Química Nova na Escola, há apenas um

---

<sup>1</sup> Embora, como desenvolveremos no capítulo II, tal descoberta foi feita em um trabalho no Instituto do Rádio, em Paris, onde a cientista trabalhava com Irène-Joliot Curie (1897-1956) e André-Louis Debierne (1874-1949), Marguerite assinou sozinha a nota de divulgação da descoberta do elemento para a Academia Francesa de Ciências.

resultado no ano de 2012. Foi realizada ainda uma busca por trabalhos apresentados nos Simpósios Mineiros de Educação Química (SMEQs), dos anos de 2014 a 2021, e um minicurso intitulado “A (in)visibilidade da mulher na Ciência: o caso de Ellen Swallow Richards (1842-1911) e Marguerite Catherine Perey (1909-1975)” foi apresentado no ano de 2021, de autoria do nosso grupo de pesquisas da UFJF. As demais fontes de pesquisa envolveram capítulos de livros, matérias de jornais/revistas e *comptes rendus* (compt. rend.) que são relatórios semanais da FAS.

Obtivemos textos escritos por Marguerite Perey a partir dos relatórios semanais disponíveis no site da Biblioteca Nacional da França (Gallica) que oferece livre acesso digital a determinadas obras. Utilizamos também amplos artigos de referência escritos por Jean-Pierre Adloff<sup>2</sup>, primeiro aluno de pesquisa de Marguerite que possuía importantes documentos e informações pessoais a respeito da cientista. Em seus artigos, Adloff apresenta materiais os quais teve acesso e que são de extrema relevância para a pesquisa como, por exemplo, anotações em diários de laboratório, fotografias e cartas trocadas com a cientista.

A pequena quantidade de artigos encontrados acerca da vida e trabalho de Marguerite Perey justificam esta produção, buscando algo inédito e relevante ao destacar a indispensável contribuição da cientista para a Química e fortalecer os estudos acerca do papel da mulher na ciência.

## PERCURSO METODOLÓGICO ADOTADO NO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A primeira etapa para se iniciar uma pesquisa científica é a definição do objeto de estudo. É a partir dele que todo o processo investigativo se inicia e o universo a ser pesquisado delimita-se, definindo assim a metodologia empregada (VENTURA, 2007). Fundamentado nesse delineamento é possível planejar o estudo em sua dimensão mais ampla considerando o ambiente de investigação, a análise e a interpretação de dados. É também nessa etapa que o pesquisador passa a considerar a aplicação dos métodos que irão permitir o desenvolvimento da investigação (GIL, 2008).

A demarcação desta pesquisa baseia-se nos seguintes elementos: metodologia adotada, instrumentos e procedimentos utilizados na coleta de dados e, por fim, análise e interpretação dos dados. O primeiro elemento consiste em informar o tipo de investigação utilizada, podendo ser uma pesquisa bibliográfica, documental, estudo de campo, estudo de caso, dentre outras.

---

<sup>2</sup> Não encontramos data de nascimento e falecimento do cientista.

Cada uma delas possui uma organização própria e, por isso, exige técnicas específicas para a coleta de dados como, por exemplo, entrevista, questionário, análise documental, observação, etc., o que reflete em procedimentos particulares de análise e interpretação (GIL, 2002).

Neste trabalho, a metodologia empregada é o estudo de caso que busca investigar um fenômeno dentro de seu contexto de realidade, de modo a permitir um conhecimento mais amplo e detalhado. Segundo Ventura (2007), esse estudo é composto por quatro etapas, sendo elas: a delimitação da unidade-caso, a coleta de dados, a seleção, análise e interpretação destes e, por último, a elaboração do relatório. “Portanto, por meio do estudo de caso o que se pretende é investigar, como uma unidade, as características importantes para o objeto de estudo da pesquisa” (VENTURA, 2007, p. 384). Ainda segundo esse autor,

O estudo de caso como estratégia de pesquisa é o estudo de um caso, simples e específico ou complexo e abstrato e deve ser sempre bem delimitado. Pode ser semelhante a outros, mas é também distinto, pois tem um interesse próprio, único, particular e representa um potencial na educação (p. 384).

A primeira etapa dessa metodologia consiste na definição do tema a ser abordado que, neste caso, trata-se de Marguerite Catherine Perey e sua contribuição para a Tabela Periódica, trazendo um olhar voltado para a presença de mulheres na ciência. Feito isso, inicia-se a coleta de dados na qual o pesquisador deve “levantar e analisar o máximo possível de informações sobre o caso, com o objetivo de conhecer melhor seu objeto de estudo e, assim, desempenhar seu papel com a máxima eficiência” (BRANSKI, FRANCO, JUNIOR, 2010, p. 6).

Pode-se dizer que a abordagem da História da Ciência é descritiva, mas não se restringe a esse tipo de tratamento, uma vez que deve oferecer explicações e criar discussões a respeito de cada contribuição dentro de seu contexto científico. Dessa forma, a coleta de dados dessa área envolve a seleção e análise de documentos, os quais podem ser de fontes primárias - materiais escritos pelos pesquisadores estudados - e fontes secundárias - estudos historiográficos e obras de outros autores a respeito do objeto de estudo investigado (MARTINS, 2005).

O historiador da ciência estuda o cientista (no sentido amplo), suas obras e seu contexto histórico. Se tiver estudando um passado mais distante, ele não terá acesso direto a essa realidade histórica. Utilizará documentos escritos da época (publicados ou não) e outros vestígios não verbais (aparelhos, fotografias, desenhos, amostras e outros objetos antigos). Analisando esses documentos e vestígios (e baseando-se também em literatura secundária, ou seja, outras obras historiográficas) o historiador da ciência tentará compreender esse passado científico e irá escrever sobre ele, produzindo sua obra historiográfica. (p. 139)

A análise dos documentos obtidos foi feita de maneira qualitativa, uma vez que “segundo esta perspectiva, um fenômeno pode ser melhor compreendido no contexto em que ocorre e do qual é parte, devendo ser analisado numa perspectiva integrada” (GODOY, 1995, p.21). Entretanto, a análise documental deve ser realizada com muita cautela porque, em algumas situações, os documentos disponíveis podem apresentar dados não confiáveis ou até mesmo distorcidos. Devido a isso, esse tipo de pesquisa possui três aspectos que devem ser levados em consideração: a escolha dos documentos, o acesso a eles e sua análise (GODOY, 1995).

Logo, cabe ao pesquisador organizar os dados obtidos, buscar semelhança entre eles, interpretar, sintetizar e definir o que será discutido (BRANSKI, FRANCO, JUNIOR, 2010). Nesse sentido, dispusemos de 02 artigos e 08 compt. rend<sup>3</sup>. escritos por Marguerite Perey e 08 obras escritas por Jean-Pierre Adloff, sendo 01 capítulo de livro, 03 compt. rend. e 04 artigos científicos. Obtivemos também outras fontes bibliográficas que tratam da vida pessoal e profissional de Perey, da descoberta do elemento Frâncio, da eleição da primeira mulher para a Academia Francesa de Ciências (FAS), da história da Tabela Periódica e da participação e reconhecimento de mulheres na ciência ao longo dos séculos.

No ano de 2019, a Tabela Periódica completou seu 150º aniversário o que nos motivou a estabelecer esse assunto como ponto de partida para a escolha da temática desta pesquisa. Durante a busca sobre importantes figuras femininas que contribuíram para a construção dessa ferramenta, nos deparamos com Marguerite Catherine Perey, a mulher responsável pela descoberta do elemento químico Frâncio e a primeira a compor a Academia Francesa de Ciências (FAS).

Sendo assim, a questão problema - ou as questões inerentes a pesquisa - logo começaram a se estabelecer. Quem foi Marguerite Perey e quais suas contribuições para a ciência? Sua eleição para a FAS teria contribuído para a entrada de outras mulheres na Academia? Sob a perspectiva da mulher na ciência, qual a relevância da trajetória de Marguerite?

Diante disso, a primeira etapa da pesquisa consiste na abordagem da vida pessoal e profissional da cientista, a segunda etapa apresenta um estudo mais detalhado acerca da descoberta do elemento químico com base nos documentos de fonte primária e a última etapa aborda a importância da descoberta de Perey para a Química, mais especificamente, para Tabela Periódica.

---

<sup>3</sup> Cabe ressaltar que os compt. rend. se assemelhavam a artigos: tratavam de resultados de pesquisas científicas desenvolvidas na época, e eram revisados e aceitos, ou não, por membros da Academia Francesa de Ciências. Entretanto, apresentavam divulgação semanal nos relatórios da instituição.

Temos como objetivos gerais neste estudo analisar as contribuições de Marguerite Catherine Perey para a história da ciência, visando maior reconhecimento, valorização e divulgação da participação de mulheres na ciência; e discutir as contribuições da Tabela Periódica no Ensino de Química, sua aplicação e impulso no desenvolvimento da ciência, a partir da sua história e da presença feminina. Temos ainda como objetivos específicos:

- Resgatar os estudos desenvolvidos por Marguerite Perey que culminaram na descoberta do último elemento radioativo natural, o Frâncio;
- Discutir como a eleição da primeira mulher para a Academia Francesa de Ciências influenciou na participação e aceitação de mulheres nesta área;
- Contribuir para o ensino de Química no Ensino Médio e nas Licenciaturas, fornecendo material de História da Ciência comprometido com o seu construto coletivo e com o desenvolvimento dessa ciência.

## 1 AS MULHERES E A (IN)VISIBILIDADE NA CIÊNCIA

Define-se o feminismo como um movimento social protagonizado por mulheres que reivindicam a igualdade de gênero nos âmbitos político, jurídico e social. Uma das primeiras obras de filosofia feminista foi escrita por Mary Wollstonecraft (1759-1797) no final do século XVIII intitulada *Vindication of the Rights of Woman*, por meio da qual a escritora e filósofa inglesa reivindicava às mulheres o direito à educação, ao voto e a igualdade no casamento (SCHIEBINGER, 2001).

De modo geral, “as teorias feministas articulam problemas no campo da teoria e da prática organizacional e procuram mostrar como as mulheres são afetadas pelos processos e discursos sociais e organizacionais” (ICHIKAWA, YAMAMOTO, BONILHA, p. 1, 2008). Segundo Silva e Ribeiro (2014), o feminismo contemporâneo teve grande influência na crescente participação de mulheres na ciência durante as últimas décadas. Embora esse aumento tenha se dado em determinadas áreas de conhecimento que não incluem as ciências exatas como, por exemplo, psicologia, linguística, nutrição, farmácia etc., contribuiu para o número expressivo de mulheres em universidades e instituições de pesquisa.

Entretanto, a presença feminina nessas instituições decai à medida em que a hierarquia acadêmica aumenta, evidenciando as dificuldades enfrentadas por mulheres no acesso a níveis de maior prestígio. “Portanto, mesmo que atualmente a participação das mulheres na ciência seja equitativa do ponto de vista numérico, a hierarquia acadêmica vai estar ocupada, sobretudo, por homens, independentemente da área do conhecimento” (SILVA, RIBEIRO, 2014, n. p.).

Sendo a ciência um produto histórico, social e cultural, pode-se dizer que ela foi construída com base na divisão entre os sexos e, por conta disso, a sociedade ainda carrega valores e ideais que classificam, separam e hierarquizam o feminino e o masculino, o que acaba valorizando determinadas características e habilidades frente a outras. Do homem cientista espera-se dedicação em tempo integral, relações profissionais competitivas, insensibilidade, dentre outros atributos. Devido a isso, almeja-se da mulher o mesmo comportamento tendo elas que se adequem ao modelo masculino imposto pela sociedade para serem consideradas boas profissionais (SOUZA, 2003).

A partir dessas e outras leituras, encontramos estudos sobre ciência, tecnologia e gênero que buscam romper com a discriminação fundamentada no sexo e com a representação coletiva predominantemente masculina. Com isso, surgem relevantes campos de pesquisa na História da Ciência que buscam “recuperar” a trajetória de mulheres cientistas esquecidas, e até mesmo excluídas, tendo como um dos principais objetivos a influência e motivação do ingresso de

mulheres e meninas na área de ciência e tecnologia (ICHIKAWA, YAMAMOTO, BONILHA, 2008).

A tentativa de inscrição destas mulheres na história, para além de uma questão de justiça, tem um importante desdobramento simbólico, pois ressalta que a produção científica também tem sido uma realização das mulheres. Criar modelos a serem seguidos e contar histórias de vida que motivem é uma das estratégias adotadas para atrair meninas e jovens para a carreira científica, em especial para áreas em que estão sub-representadas. (LIMA, BRAGA, TAVARES, p. 14, 2015)

Segundo Soares (2001), o campo de estudo que envolve ciência e tecnologia (C&T) está diretamente relacionado com a sociedade ao levantar questionamentos acerca do fazer científico e tecnológico, bem como sua ligação com gênero, raça e classe social. Com isso, novas perspectivas de análise se fazem presentes ao revelarem que os estudos sobre C&T não são neutros e estão inseridos em uma estrutura que favorece as relações de gênero.

Para romper com essa ideia, é preciso mapear, diagnosticar e contestar tanto a ausência quanto a presença de mulheres no eixo da ciência e tecnologia através de duas vertentes: histórica e de gênero. A primeira perspectiva aborda a presença das mulheres na construção e produção do conhecimento científico e busca compreender em quais posições elas se encontram. Já a segunda vertente busca problematizar o fato da cultura científica se respaldar em valores masculinos, o que acaba criando barreiras para a participação de mulheres na área (LIMA, BRAGA, TAVARES, 2015).

Como já é de se imaginar, as questões de gênero se fizeram presentes na área de C&T ao longo de toda sua construção histórica e social afetando a seleção e hierarquização dos saberes, classificando o que é científico ou não, assim como as atividades destinadas para homens e mulheres. Dessa forma, pode-se afirmar que “a exclusão feminina do fazer científico e tecnológico foi pautada por discursos científicos que postulavam, a partir de determinações biológicas, que a mulher seria menos capaz de produzir ciência e tecnologia” (FREITAS, LUZ, p. 4, 2017).

No entanto, às figuras femininas são atribuídas inúmeras descobertas relevantes para a história da humanidade, como a elaboração da farmacopeia (uma espécie de “dicionário” de fármacos), os primeiros estudos acerca das ações terapêuticas das plantas e a utilização de peles de animais para a confecção de tecidos. Existem ainda importantes mulheres como Hipátia (360-415 d.C.), matemática, filósofa e química que construiu um instrumento utilizado para medir a densidade dos licores, o aerômetro, e o astrolábio, um plano para medir as posições dos planetas, estrelas e sol; e Hildegarde von Bingen (1098-1179), mística, abadessa, teóloga e

naturalista que escreveu duas obras envolvendo a medicina: uma contendo a descrição de trezentas plantas, metais e minerais com suas respectivas indicações terapêuticas e outra sobre a teoria medicinal<sup>4</sup> (KOVALESKI, TORTATO, CARVALHO, 2013).

Pode-se dizer ainda que a posição das mulheres com os afazeres dos laboratórios, os preparos dos medicamentos, os cuidados com os doentes, os têxteis e a tecelagem, era vista como natural e até adequada, visto que a mulher como cuidadora era considerado algo compatível e pertinente, por toda a Idade Média e até mesmo no Renascimento (TRINDADE, BELTRAN, TONETTO, 2016).

Diante dessas informações, levantam-se questionamentos como: por que se conhece tão poucas mulheres cientistas? Será que não se fazem presentes na história? Por que a ciência ainda é considerada masculina? A que se devem essas desigualdades na ciência?

Sendo a ciência a forma mais efetiva de se gerar conhecimento sistematizado na sociedade, a maneira como a prática científica é retratada pelos meios de comunicação influencia diretamente nas concepções acerca do assunto. É por meio da abordagem da História da Ciência que as convicções e pensamentos críticos e reflexivos a respeito dessa temática são criados e, ao sustentar a ideia criada pela mídia de uma ciência simples e com resultados imediatos, os estudantes são impedidos de se aproximarem da real cultura científica. De acordo com Giordan e Kosminsky (2002), “este distanciamento de como se fazem as ciências e como elas são ensinadas nos parece fonte de muitos equívocos e desajustes entre como se pensa o mundo e se resolvem problemas nas salas de aula de quaisquer das ciências” (GIORDAN, KOSMINSKY, 2002, p. 12).

Segundo os meios de comunicação, os livros didáticos e o ambiente escolar, a representação do cientista está ligada a uma figura masculina, de óculos, vazia de emoções, que passa a maior parte da vida em laboratórios, indiferente às transformações do meio externo, solitário, vestindo sempre um jaleco e com inteligência acima da média (GIORDAN, KOSMINSKY, 2002). Este fato caracteriza um conceito estereotipado de que a ciência é masculina, o que acaba por influenciar, diretamente, na escolha dos adolescentes de qual carreira seguir, afastando ainda mais a ideia de mulheres no ramo da ciência (COSTA, FERNANDES, 2017).

---

<sup>4</sup> A primeira obra, redigida entre 1151 e 1158, denomina-se *Physica* e é um compilado de nove livros que, mais tarde, foi utilizado como uma espécie de manual de aula na Faculdade de Montpellier, na França. A segunda obra, redigida em 1170, denomina-se *Causae et Curae* e é um compilado de cinco livros que trata, especificamente, sobre as doenças e remédios para curá-las.

Dados da Revista Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, 2020) apontam que, carreiras científicas que envolvem a química e as engenharias, a título de exemplo, são dominadas por homens, enquanto as que envolvem psicologia e farmácia são dominadas por mulheres. Isso porque, de acordo com Ichikawa, Yamamoto e Bonilha (2008):

Falta incentivo por parte da sociedade, pois esta é do tipo patriarcal, da família. A mulher não é estimulada a se ver como cientista. Há falta de conhecimento, por parte dela, durante os estudos do ensino médio, sobre o campo de atuação na ciência, por considerar uma área masculina. Além disso, preconceitos, casamento, filhos, gravidez, baixo salário, falta de chances para atingir posições mais altas, medo da pressão social são fatores que contribuem para o desestímulo da mulher na carreira científica. (p. 4)

Logo, a participação de mulheres em C&T é resultado de valores e ideais históricos, e não da inaptidão feminina para a área. A presença delas em universidades, por exemplo, foi bastante tardia, além disso, as mulheres exerciam funções predominantemente domésticas sendo atribuído a elas o cuidado do lar e dos filhos, dificultando ainda mais o processo de inclusão no meio acadêmico (LINO, MAYORGA, 2016).

Somente na chamada Revolução Científica, que ocorreu entre os séculos XVII e XVIII, que as mulheres começaram a conquistar espaço na educação, mas não na ciência, visto que essa área passou por um processo de profissionalização, o que separou os meios de produção da esfera doméstica. Com isso, reforçou-se a ideia de que somente os homens eram aptos a realizarem atividades intelectuais, enquanto as mulheres deveriam realizar apenas atividades domésticas, portanto, é a partir daí que vamos ver a cultura do patriarcado relegando as mulheres a consumidoras da ciência, e não de produtoras desta (HAYASHI *et al*, 2007).

Com o início do século XIX, a ciência passou ainda por um processo de institucionalização, o que afastou ainda mais as mulheres dessa área elitista e predominantemente masculina. Uma alternativa que as mulheres encontraram foi trabalhar de maneira discreta e silenciosa com familiares e companheiros, adquirindo sempre posições secundárias de colaboradoras e assistentes. Somente na passagem para o século XX que elas adquiriram espaço em campos ainda pouco explorados em pesquisas científicas, como a botânica e a geologia. Entretanto, conforme essas áreas se consolidavam, a ocupação masculina se fazia presente e, posteriormente, acabou dominando o espaço (TRINDADE, BELTRAN, TONETTO, 2016).

Uma mudança considerável só aconteceu em meados do século XX quando os movimentos feministas se tornaram mais expressivos e passaram a criticar o modelo de C&T adotado. Após iniciada uma luta pela igualdade de direitos entre homens e mulheres

reivindicando a elas, principalmente, acesso à educação científica e à carreiras ocupadas exclusivamente por homens, abriu-se espaço para a (re)construção de novos campos científicos e tecnológicos que não reproduzissem a exclusão de mulheres e questionassem a desigualdade de gênero imposta por tantos anos (LETA, 2003).

Já em relação ao século XXI, transformações relevantes neste cenário estão sendo observadas e as mulheres vêm conquistando a posição de protagonistas. Embora ainda exista muito caminho a percorrer e muito preconceito a ser vencido, nas últimas décadas notam-se maiores participações femininas em grandes descobertas científicas, o que vem modificando a ideia do que é “ser cientista” (SCHIEBINGER, 2008). Dessa forma, é impossível ignorar as contribuições femininas para o desenvolvimento da ciência e da tecnologia.

Assim, estudos sobre a presença de mulheres em diversos campos científicos vêm sendo desenvolvidos. No Brasil, no ano de 2013, foi iniciado um projeto do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para reafirmar e divulgar histórias de mulheres pesquisadoras que contribuíram para o desenvolvimento científico e tecnológico no país, denominado Pioneiras da Ciência no Brasil. Outro projeto, lançado em julho de 2016, foi o programa de divulgação científica da participação de mulheres em pesquisas, denominado Ciência & Mulher. O site foi elaborado pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e tem como intuito enaltecer e estimular a produção científica de mulheres em torno das questões de gênero (TRINDADE, BELTRAN, TONETTO, 2016).

Tais programas evidenciam a preocupação em atrair maior participação feminina para a ciência e mostram resultados positivos acerca dessa questão. No ano de 2016, por exemplo, segundo o CNPq, houve um aumento em números percentuais da participação feminina na liderança de grupos de pesquisa no Brasil (PESQUISA FAPESP, 2020). Segundo essa mesma referência, é possível observar um crescimento considerável na participação de mulheres em laboratórios e universidades: mais de 50% delas ingressam no ensino superior, 61% se graduam e, desde 2003, tornaram-se maioria em doutorados. Entretanto, os cargos de maior poder em universidades e agências de fomento ainda são ocupados, em sua grande maioria, por homens (PESQUISA FAPESP, 2020).

A figura 1 traz um levantamento a respeito do avanço progressivo das mulheres no Brasil, mostrando o número de pesquisadores - em milhares - cadastrados no Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq em 16 anos.

Figura 1 - Número de mulheres cadastradas no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico entre os anos de 2000 a 2016



Fonte: Pesquisa FAPESP (2020).

Cabe ressaltar que essas transformações estão sendo observadas também em outros países, mas nos dedicaremos a avaliar a França, pelo fato de ser o país de origem da nossa pesquisada. Durante o século XIX, as mulheres eram excluídas de determinados ambientes, principalmente, daqueles relacionados à política e socialização os quais eram considerados “espaços para homens”. Desde a infância, as meninas francesas tinham o estudo destinado a atividades do lar, enquanto os meninos eram destinados à ciência e ao espaço público. “As mulheres tinham a escrita, a leitura e os livros como algo sagrado, sendo que, somente os homens tinham acesso aos mesmos” (RIBEIRO, FRANÇA, p. 1, 2014).

Foi também no século XIX que ocorreu a primeira onda do feminismo na França, abrindo portas para novas transformações. Com isso, a busca pela inclusão das mulheres nos mais diversos campos dos saberes foi ganhando força, refletindo em modificações ao longo do século. No início do século XX as mulheres conquistaram alguns direitos como, por exemplo, o poder do voto e o direito de assumir cargos políticos. Além disso, o feminismo francês ganhou ainda mais força com o *Mouvement de Libération des Femmes* (MLF) na década de 1970, o qual possibilitou a expansão do feminismo em campos sociais e científicos (SCHUCK, 2017).

Se tratando do século XXI, como mencionado anteriormente, relevantes modificações vêm sendo constatadas. Na França entre os anos de 1999-2018, por exemplo, houve um avanço da participação feminina em autorias de pesquisas científicas, apresentando a proporção de, aproximadamente, 39% de mulheres em relação a homens (PESQUISA FAPESP, 2020). Esses resultados atrelados a fatos históricos envolvendo a premiação internacional anual conferida a pesquisadores que contribuíram de forma notável para a humanidade, o Prêmio Nobel, e o

desenvolvimento de vacinas contra a COVID-19 reforçam uma relevante modificação na relação entre mulher e ciência no século XXI.

Em 2018, pela primeira vez, duas mulheres receberam o Prêmio Nobel de Química e Física no mesmo ano: Frances Arnold (1956- ), pela evolução direcionada de enzimas, e Donna Strickland (1959- ), por inovações no campo da física do laser, respectivamente. No ano de 2020, também pela primeira vez na história, duas mulheres ganharam juntas o Nobel de Química pelo desenvolvimento do *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats* - Crispr, método de edição do genoma; são elas Emmanuelle Charpentier (1968- ) e Jennifer Anne Doudna (1964- ). Com isso, de 609 prêmios entre 1901 e 2021, ao todo, 8 mulheres foram premiadas nas categorias científicas Química e Física, sendo Marie Sklodowska Curie (1867-1934) a única mulher a ser premiada em ambas as áreas (ALL NOBEL PRIZES, 2021).

No ano de 2020, o mundo inteiro se viu frente a um inimigo em comum: o coronavírus SARS-CoV-2, o vírus responsável pela pandemia da COVID-19. Desde então, pesquisadores começaram uma luta contra o tempo para a criação de uma vacina que fosse eficiente contra o vírus, e algumas mulheres estavam à frente das pesquisas. A alemã Kathrin U. Jansen (1958- ), vice-presidente sênior e chefe de pesquisa e desenvolvimento de vacinas da *Pfizer Inc.*, uma empresa farmacêutica multinacional, liderou o desenvolvimento da vacina da COVID-19, a primeira a ser autorizada (PFIZER, 2021). Já Katalin Karikó (1955- ) é uma bioquímica húngara que desenvolve pesquisas sobre o RNA mensageiro (mRNA), o script genético que “carrega” as instruções do DNA. Esse é o método utilizado como base para a fabricação de vacinas da COVID-19 produzidas pela *Pfizer-BioNTech* e Moderna (KOLATA, 2021).

Cabe ressaltar que outras mulheres são peças fundamentais na luta contra a pandemia do coronavírus, como a presidente da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) Nísia Trindade Lima (1958- ), a cientista que viabilizou a vacinação no Brasil. Importantes figuras femininas como as que foram mencionadas reforçam as modificações entre a relação ciência, mulher e sociedade que estão sendo observadas ao longo dos anos. Contudo, a ciência debatida nas escolas ainda é masculina, contribuindo para a desmotivação e desvalorização do ingresso de mulheres nesse ramo.

A educação engloba não somente os processos de ensino e aprendizagem em sala de aula, mas também aspectos subjetivos e sociais. Entretanto, existem fatores que influenciam diretamente no desempenho, interesse e participação de mulheres e meninas na ciência. Podemos citar como exemplo os livros didáticos, uma das ferramentas mais relevantes no ensino, mas que, na maioria das vezes, não trazem apontamentos e discussões a respeito de aspectos sociais e humanos do conteúdo. Além do mais, até mesmo discursos incorporados por

professores que acabam naturalizando determinados estereótipos de gênero relacionados a ciências colaboram para a desmotivação do ingresso feminino na área (UNESCO, 2018).

Um estudo levantado pela UNESCO (2018) evidencia que fatores relacionados ao âmbito individual, escolar, social, familiar e de pares são os que mais influenciam neste cenário. Segundo Trindade, Beltran e Tonetto (2016), existem ainda inúmeros motivos que contribuem para isso, tomando como exemplos, o fato do trabalho realizado pela mulher ainda ser considerado menor, auxiliar, secundário e até mesmo irrelevante, a invisibilidade feminina em áreas de ciência e tecnologia, e a falta de material de fácil acesso acerca do papel de mulheres na ciência.

Como afirma Löwy (2000), a ciência moderna traz em seu histórico centenas de anos de exclusão de mulheres, o que influencia diretamente no presente. Isso evidencia a importância e a necessidade de organizar e difundir biografias de mulheres que foram fundamentais na história da ciência, deixando de visar somente aspectos pessoais e trazendo à tona seus feitos científicos ao longo dos anos.

Na história da ciência, poucas cientistas têm suas narrativas abordadas de forma detalhada, conferindo a elas real importância. Grande parte das pesquisadoras, quando lembradas, são retratadas como figuras invisíveis tendo sempre participação secundária nos estudos. Podemos citar como exemplo Marie-Anne Paulze Lavoisier (1758-1804) que auxiliou seu marido, Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794), em traduções de textos e ilustrações de todos os aparatos que eram utilizados em experimentos, e ainda assim foi mencionada poucas vezes (BELTRAN, TONETTO, TRINDADE, 2016). Outras cientistas, como Ada Lovelace (1815-1852), escritora do primeiro algoritmo a ser processado por uma máquina, nem são lembradas (MELO, 2018).

Sobre a quase ausência de mulheres na História da Ciência, não deixa de ser significativo que, ainda nas primeiras décadas do século XX, a Ciência estava culturalmente definida como uma carreira imprópria para a mulher, da mesma maneira que, ainda na segunda metade do século XX, se dizia quais eram as profissões de homens e quais as de mulheres. (CHASSOT, 2004, p. 13)

Entretanto, existem casos como o de Marie Sklodowska Curie em que as mulheres assumem posições de destaque e escrevem suas próprias histórias. Para realizar seu sonho de estudar ciências em uma época onde poucas mulheres ingressaram nessa área, Marie Curie enfrentou diversas dificuldades e preconceitos e, mesmo assim, deu continuidade a suas pesquisas e se consagrou no ramo científico com seus estudos sobre a radioatividade, com a descoberta de dois elementos químicos e com a conquista de dois Prêmios Nobel, sendo

conhecida e reconhecida mundialmente. Com isso, Madame Curie também contribuiu para abrir caminho para a luta pela redução da desigualdade entre homens e mulheres na ciência (FREITAS-REIS, DEROSI, 2014).

Acredita-se que a invisibilidade das mulheres no meio científico se dá pela distorção histórica de suas vidas, principalmente, por não serem tratadas como protagonistas, mas sim como figuras secundárias (LINO, MAYORGA, 2016). Portanto, é preciso acabar com esse mito de que mulheres são invisíveis na ciência, porque não são, apenas não obtém o mesmo reconhecimento que os homens.

Entender o lugar das mulheres nos campos da Ciência e da Tecnologia tal como se concebe hoje é de extrema importância, porque uma visão mais ampla levará a compreender quais as possibilidades reais de se recuperar essa história pouco comentada para enriquecer o momento atual e contribuir na luta pela maior inserção das mulheres como agentes no cenário científico e tecnológico. [...] Isso significa que à medida que se alteram as configurações sociais, altera-se também a concepção do campo científico e tecnológico. Estas concepções alteradas favorecem o pensamento de que podem ser alcançadas mais transformações em busca de uma equidade entre mulheres e homens como trabalhadoras e trabalhadores da Ciência e da Tecnologia. (REZENDE, QUIRINO, 2017, p. 8)

Assim, essa pesquisa busca reafirmar a importância do reconhecimento da presença feminina na ciência, justificando assim o estudo mais detalhado da vida e da carreira de Marguerite Catherine Perey (1909-1975), a responsável pela descoberta do elemento químico Frâncio e a primeira mulher a compor a Academia Francesa de Ciências.

## 2 DA FRANÇA PARA O MUNDO: A TRAJETÓRIA DE MARGUERITE PEREY, A RESPONSÁVEL PELO ISOLAMENTO E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO FRÂNCIO

### 2.1 DA INFÂNCIA À ESCOLA TÉCNICA

Marguerite Catherine Perey nasceu no dia 19 de outubro de 1909 em Villemomble<sup>5</sup>, uma pequena cidade ao norte dos subúrbios de Paris, na França (figura 2). Filha de Louis Émile Perey (1856-1914) e Anne Jeanne Perey (1858-1951), era a mais jovem dentre três irmãos e uma irmã, constituindo uma família humilde que tinha como fonte de renda o trabalho realizado em um moinho de farinha. Seus pais eram descendentes de famílias francesas e suíças, tendo como parente próximo Henri Dunant (1828-1910), fundador da organização humanitária Cruz Vermelha e ganhador do primeiro Prêmio Nobel da Paz, em 1901 (ADLOFF, KAUFFMAN, 2005b)<sup>6</sup>.

Figura 2 - Villemomble - A antiga estação Coquetiers, no início do século XX.



Fonte: Villetaneuse (2021).

No período de nascimento de Marguerite, a França voltava a se estabelecer econômica e socialmente após a ascensão ao poder de uma coligação entre os Partidos Radical e Moderado. Todavia, com o estopim da Primeira Guerra Mundial em 1914, esse período foi interrompido dando lugar a outro ainda mais conturbado, o que ocasionou um colapso na bolsa de valores. Essa queda, atrelada a morte de seu pai, Louis Perey, no mesmo ano, trouxeram dificuldades

<sup>5</sup> Villemomble é uma comuna nos subúrbios ao leste de Paris, e situa-se a 12,1 km do centro da cidade.

<sup>6</sup> Cabe ressaltar aqui que a grande quantidade de artigos de Jean Pierre Adloff utilizados como referência se justifica pelo fato dele ter sido o primeiro aluno de pesquisa de Marguerite Perey. Devido a isso, é responsável pela maior parte de documentos que tratam sobre a vida da cientista, uma vez que tinha acesso a informações pessoais e profissionais de Perey por meio de artigos autorais, cartas, anotações e cadernos de laboratório. Tais documentos não se encontram para livre acesso, tornando os artigos de Adloff uma das principais fontes de informações para esta parte do trabalho.

financeiras para a família e, para ajudar nas finanças da casa, aos 15 anos, Marguerite começou a trabalhar como monitora para alunos de escola básica enquanto sua mãe ensinava piano para as crianças de Villemomble (HARVEY, OGILVIE, 2000).

Criados em uma família protestante, as crianças seguiam valores e ideais rigorosos nos quais trabalho e religião eram igualmente respeitados e valorizados. Devido a isso, Marguerite se dedicava a religião como monitora em uma escola bíblica dominical e como membro de várias organizações religiosas para jovens. Entretanto, a precária situação financeira da família não permitiu que nenhum dos irmãos ingressassem no Ensino Superior e Perey foi forçada a abandonar seu sonho de se tornar médica. Mas, com uma bolsa de estudos e as economias guardadas de quando era monitora, ela iniciou seus estudos em Química na *École d'Enseignement Technique Féminine* em 1928 (figura 3), uma escola técnica privada localizada na cidade de Paris (ADLOFF, KAUFFMAN, 2005b).

Figura 3 - Alunas da escola técnica para mulheres em Paris



Fonte: Adloff e Kauffman (2005b).

Com o estabelecimento da Terceira República Francesa em 1870, a construção da primeira rede de escolas técnicas veio a se estabelecer. Em janeiro de 1917 a *École d'Enseignement Technique Féminine* foi fundada por Mademoiselle Hatzfeld<sup>7</sup> e Jean Laurent<sup>8</sup>, sendo composta por dois senadores, engenheiros, industriais, um membro de um Instituto, dentre outros profissionais, estando sob a direção do engenheiro Laurent e sua esposa Hatzfeld, licenciada em Ciências. A escola, que inicialmente começou com oito alunas, era mantida pelo Estado e por um fundo de ajuda denominado *Association amicale des ingénieurs électriciens*, passando a oferecer bolsa de estudos para as alunas. Um dos principais objetivos da instituição

---

<sup>7</sup> Não foram encontradas data de nascimento e falecimento, e nem demais informações.

<sup>8</sup> Idem.

era o treinamento de meninas nos mais variados ramos como, por exemplo, desenho técnico, ensino de ciências e suas aplicações na indústria (GRELON, 1992).

Inicialmente, Marguerite havia conseguido uma bolsa de estudos por três meses e, com muito esforço e apesar da oposição de sua mãe, Anne Perey, continuou os estudos, concluindo o curso técnico em laboratório de química na escola mais renomada de Paris. Com isso, acreditava que tal oportunidade era o mais perto que chegaria de uma formação superior, mais especificamente, da carreira de Medicina. No entanto, o que Perey não imaginava era que a escola técnica para mulheres possuía uma parceria com uma importante cientista da época, Marie Sklodowska Curie (1867-1934), estabelecendo um acordo de que, sempre que houvesse fundos disponíveis, a melhor aluna da classe seria convidada para trabalhar sob sua supervisão no *Institut du Radium*, em Paris (ADLOFF, KAUFFMAN, 1989).

A forte influência de Marie Curie na luta para que mulheres tivessem acesso à educação teve início quando ela era jovem e, estando a Polônia ocupada pela Alemanha e pela União Soviética, as mulheres eram impedidas de ingressar no Ensino Superior. Marie deu início a seus estudos em uma instituição clandestina que recebia essas jovens mulheres, conhecida por Universidade Volante. Em 1896, já na França, cursando ciências físicas na Universidade de Sorbonne, Madame Curie conseguiu um certificado para ministrar aulas para meninas no ensino secundário e, dois anos mais tarde, ingressou como a primeira mulher no corpo docente da escola de Sèvres, na França, onde ficou conhecida por sua didática diferenciada e sua postura frente à experimentação. A cientista defendia que o verdadeiro aprendizado - das Ciências da Natureza - só se concretizava no contato com o laboratório. Com isso, passou a aumentar a carga horária de suas aulas com o intuito de apresentar equipamentos e experiências em laboratórios para suas alunas, oferecendo maiores oportunidades e apoio à carreira de mulheres cientistas (FREITAS-REIS, DEROSI, 2014).

Marie Curie era considerada o principal nome da radioatividade, não somente na França mas no mundo todo. Sua coragem, vontade de trabalhar em benefício da humanidade, as descobertas científicas e os trabalhos prestados durante a Primeira Guerra Mundial fizeram desta mulher uma grande inspiração e exemplo para todas as gerações. Logo, a oportunidade de trabalhar com ela no *Institut du Radium*, fundado em 1919, parecia um sonho quase impensável para aquelas estudantes. Contudo, para que tal desejo se tornasse realidade era

preciso muito esforço, determinação e boas habilidades em laboratório (GREENWOOD, 2014)<sup>9</sup>.

Em junho de 1929, Perey e suas colegas de turma receberam o *Diplome d'Etat de Chimiste*, equivalente ao diploma de técnico em química. No mesmo mês, a ganhadora do Prêmio Nobel de Física (1903) e do Nobel de Química (1911) foi entrevistar as recém-formadas e M. Perey definiu seu encontro com a cientista como algo melancólico e sombrio, tendo a certeza de que seria a primeira e única vez a encontrá-la. Por não possuir estudos universitários e nem experiência em laboratório, Marguerite tinha certeza de que não seria convocada para a vaga, mas em julho do mesmo ano, recebeu uma carta informando sua contratação para o instituto, o que lhe causou grande surpresa e entusiasmo (ADLOFF, KAUFFMAN, 2005b).

Figura 4 - Marguerite Perey, primeira mulher à esquerda, na biblioteca do laboratório de Marie Curie



Fonte: Adloff e Kauffman (1989).

Sua inteligência, diligência, notáveis habilidades de laboratório e um grande entusiasmo para aprendizado foram as qualidades que a ajudaram a se destacar, contribuindo para sua primeira promoção profissional. Apesar de ter sido treinada para realizar operações químicas simples e preparar produtos químicos comuns utilizando recipientes de cozinha, se tornou assistente pessoal e confidente de Marie Curie. Além disso, foi treinada diretamente por ela, dando início a sua carreira científica aos 19 anos trabalhando com a purificação do elemento químico actínio. Assim, estabeleceu-se uma grande parceria entre as duas mulheres, que durou cinco anos, até morte de Marie Curie, em 1934 (GREENWOOD, 2014).

---

<sup>9</sup> Veronique Greenwood (1986- ) é uma jornalista científica, sobrinha-neta de Marguerite Perey. Atualmente, trabalha no New York Times Magazine, onde publicou um artigo sobre a cientista, trazendo informações extremamente relevantes e inéditas para este trabalho.

## 2.2 AS PESQUISAS DE MARIE CURIE ANTES E DEPOIS DA CHEGADA DE MARGUERITE PEREY

Como tem sido bastante pesquisado por inúmeros estudiosos, Marie Curie e seu marido, Pierre Curie (1859-1906), tiveram grande contribuição no desenvolvimento do campo da radioatividade e na identificação de dois radioelementos. Entretanto, esses acontecidos só foram possíveis devido às pesquisas de Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) que decidiu investigar a ação dos raios catódicos, o que desencadeou uma série de pesquisas nesse âmbito. Em 1895, ao reproduzir os experimentos de Phillip Eduard Anton Von Lenard (1862-1947), Röntgen observou que os raios iluminavam uma superfície fluorescente fora dos tubos, mesmo que eles estivessem revestidos de papelão preto (QUINN, 1997).

Este comportamento indicava que os feixes analisados possuíam uma habilidade de penetração diferente dos raios catódicos, os quais foram denominados por W. Röntgen de Raios-X. Tal fato incentivou pesquisadores da época a estudarem mais detalhadamente o fenômeno e, no início de 1896, Henri Poincaré (1854-1912) sugeriu que pudesse haver uma relação entre luminescência e emissão de Raios-X, afirmando que todos os materiais luminescentes poderiam emitir esses raios (MARTINS, 2003).

Foi graças a esses estudos que Antoine Henri Becquerel (1852-1908) notou que a substância fosforescente denominada sulfato duplo de uranila e potássio, cuja fórmula molecular é  $K_2(UO_2)(SO_4)_2$ , emitia radiações penetrantes diferentes dos Raios-X de Röntgen. Com o avanço de suas pesquisas, notou que não somente essa substância, mas alguns compostos de urânio eram emissores de radiação de forma espontânea (MARTINS, 2003).

Influenciada por tais descobertas e com o intuito de obter o título de doutora em física, no final de 1897 Marie Curie decidiu pesquisar a capacidade ionizante dos raios de urânio. Logo no início de sua pesquisa, concluiu que a intensidade da radiação dependia da quantidade do elemento presente na amostra e não de condições externas, como temperatura e luz. Esses estudos provocaram Marie e Pierre a investigarem a existência de outros elementos com capacidade de emissão semelhante à do urânio, tendo como motivação as pesquisas de Gerhard Carl Nathaniel Schmidt (1865-1949) que descobriu propriedades semelhantes em compostos de tório (MARTINS, 2003).

Em 1898, Marie começou a estudar um mineral de urânio denominado pechblenda, o qual obtinha em sua composição várias substâncias, dentre elas, óxido de urânio e tório. Ao analisar as radiações emitidas por esse mineral, notou que a intensidade destas era muito maior do que aquela esperada para a quantidade de urânio e tório presente na amostra. A partir de

então, a cientista e seu marido começaram a desconfiar que a substância em análise possuía em sua composição algum outro elemento, além dos dois citados, que fosse radioativo, mas que ainda não havia sido descoberto (CURIE, 1898).

Em julho de 1898, publicaram no *compt. rend.* a descoberta de um novo elemento químico radioativo o qual denominaram polônio. Para identificação desse elemento foi preciso dividir a amostra de pechblenda em inúmeras frações que, mesmo após estarem isentas de urânio, tório e polônio, continuavam emitindo radiação. O casal Curie (figura 5) deu continuidade às suas pesquisas e, em dezembro do mesmo ano, divulgaram novamente a descoberta de outro elemento químico radioativo: o rádio. Com isso, as investigações se voltaram para a determinação do peso atômico de ambos novos elementos (CURIE M., CURIE P., 1898).

Figura 5 - Pierre e Marie Curie no laboratório



Fonte: Musée Curie (1898).

Dois anos depois, em 1900, André-Louis Debierne (1874-1949) continuou analisando os resíduos da pechblenda e descobriu o segundo isótopo natural do actínio; se tratava de um composto resultante da desintegração de um isótopo de urânio, representado por  $^{227}\text{Ac}$ . Tal descoberta incentivou Madame Curie a estudar a espectroscopia de emissão de raios alfa da série do actínio e, em 1929, escalou Marguerite Perey para a pesquisa. Entretanto, a família do actínio não era comumente estudada como eram as famílias do rádio e tório e seu período de meia-vida era pouco conhecido, variando de 7 a 22 anos, o que dificultava os estudos (ADLOFF, 1979).

Figura 6 - Marguerite Catherine Perey, no fundo à direita, no laboratório de Marie Curie



Fonte: Greenwood (2014).

Ainda sobre o  $^{227}\text{Ac}$ , além de ser um dos elementos radioativos mais perigosos para a saúde, em um período de três meses entra em equilíbrio com seus derivados e apresenta uma diminuição em sua atividade, sendo difícil medi-la. Portanto, para estudar melhor esse elemento e realizar uma espectroscopia óptica, Curie solicitou a Perey uma amostra concentrada de actínio sendo necessário separá-lo de todos os outros componentes do minério de urânio. Para isso, foi preciso dissolver as amostras em amônia, tratá-las com ácidos e levar para aquecimento. Em cada etapa do processo impurezas eram queimadas, lixiviadas e evaporadas, gerando um produto cada vez mais puro que rendia elogios a Marguerite, sobretudo por apresentar precisão nos métodos de separação radioquímica (ADLOFF, KAUFFMAN, 2005b).

Em 1934, após inúmeras precipitações e cristalizações fracionárias, finalmente uma amostra de 5 mg de óxido de lantânio tendo 0,053 mg de  $^{227}\text{Ac}$  foi obtida. No entanto, a morte de Marie Curie ocasionou um adiamento de quatro anos na análise da amostra. Devido a isso, Marguerite começou a trabalhar sob a supervisão de André Debierne e Irène Joliot-Curie (1897-1956) que tinham interesse na descoberta de “neoradioelementos” e na determinação da meia-vida exata do actínio. À vista disso, Perey deu continuidade a seu incansável trabalho com o actínio (ADLOFF, 1979).

Figura 7 - Uma das raras imagens de Marguerite Perey (à esquerda) e Sonia Cotelle (1896-1945), uma colega de trabalho, no jardim do *Institut du Radium*



Fonte: Greenwood (2014).

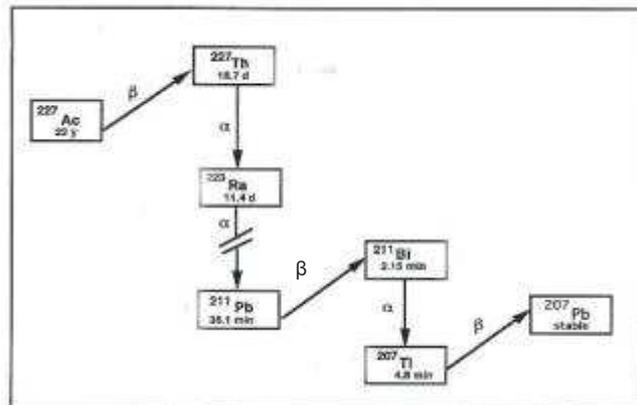
### 2.3 OS TRABALHOS NO *INSTITUT DU RADIUM* E UM BREVE RESUMO SOBRE A DESCOBERTA DO FRÂNCIO

Após a morte de Madame Curie, André Debierne assumiu a direção do *Institut du Radium* e começou a orientar os trabalhos de Marguerite Perey sobre o actínio, elemento descoberto por ele em 1900, e para isso contou com a ajuda de Irène Joliot-Curie (1897-1956). Durante um curso de fracionamento de sais de bário e rádio, Debierne acreditou ter encontrado novas substâncias radioativas com propriedades semelhantes às do rádio. Adloff (1979) afirma que:

Debierne pensou que esta nova substância radioativa (néoradium) era um estado excitado do rádio, de propriedades químicas levemente diferentes, formado por emissão gama do rádio. Estas experiências foram retomadas por dois jovens pesquisadores (um dos quais Goldschmidt) mas o fenômeno não foi jamais confirmado; ele era devido a uma impureza isotópica. (ADLOFF, 1979, p. 139)

Como a descoberta deste elemento não foi comprovada, a pesquisa de Debierne voltou seu foco principal para a análise das radiações emitidas pelo óxido de lantânio produzido por Perey em 1934. O intuito da pesquisa de Marguerite era determinar a meia-vida exata do actínio, entretanto, até o final de 1934, nenhuma radiação característica desse elemento havia sido observada. Conseqüentemente, ela só poderia ser detectada através das radiações emitidas pelos produtos originados de decaimentos radioativos, ou seja, pelos núcleos filhos (figura 8). Mas, para que isso acontecesse, era preciso uma espera de 3 meses para o estabelecimento do equilíbrio radioativo (ADLOFF, 1979).

Figura 8 - Elementos originados por decaimentos radioativos do Actínio



Fonte: Adloff e Kauffman (2005a)

Em 1935, Willard Frank Libby (1908-1980) e Wendell Mitchell Latimer (1893-1955) detectaram a emissão de elétrons pelo actínio com uma energia máxima de 220 keV. No entanto, M. Perey começou a questionar se a radiação beta ( $\beta$ ) observada não era referente a um dos núcleos filhos formados na desintegração do actínio, mas para comprovar sua teoria, era preciso eliminar cuidadosamente todos os produtos originados. Então, o primeiro passo foi “limpar” radioquimicamente uma amostra de óxido de lantânio e, imediatamente, medir a radiação antes de sofrer interferência desses produtos (ADLOFF, KAUFFMAN, 2005a).

Em 1938, quando Perey começou a analisar a amostra purificada observou que, durante as primeiras horas, uma atividade do tipo  $\beta$  penetrante crescia na amostra em um intervalo de 21 minutos, diferentemente de todas aquelas atividades dos elementos constituintes da família do actínio. Em seguida, a atividade alcançava um platô e depois aumentava lentamente, em razão do equilíbrio entre  $^{227}\text{Th}$  e  $^{223}\text{Ra}$ . Diante disso, duas conclusões poderiam ser tiradas: como a atividade inicial não mudava com o tempo, não correspondia ao  $^{227}\text{Ac}$ ; ou então, as radiações desse elemento não poderiam ser medidas nas condições impostas (PEREY, 1939a).

Baseada nessas duas hipóteses, Marguerite realizou novamente os procedimentos em condições e equipamentos diferentes e, ainda assim, continuava obtendo os mesmos resultados. Isso a fez pensar que a radiação medida era de um produto gerado pelo decaimento do actínio que, embora tenha sido purificado e ficado livre de interferentes, voltou a indicar a presença deste núcleo filho específico na amostra (PEREY, 1939a).

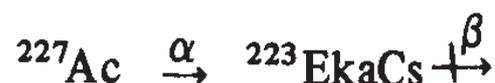
No processo de purificação do actínio, a primeira etapa consistia na precipitação de todos seus descendentes em presença de tório, rádio, chumbo e bismuto. Mas, ao analisar as atividades desses precipitados, Marguerite não notou nenhuma atividade beta penetrante com duração de 21 minutos, como visto anteriormente. Ao deixar o actínio purificado em repouso

por 2 horas, depois colocá-lo em solução e voltar a precipitar com carbonato de cálcio, a solução apresentou uma atividade beta que decrescia em um período de 21 minutos, diferentemente do que foi observado antes. Diante disso, Madame Perey só poderia chegar a uma conclusão: o aumento da atividade do tipo beta penetrante observada era referente à presença de um novo elemento químico ainda não identificado (PEREY, 1939a).

Este radioelemento cujo carbonato, o sulfato e o hidróxido são solúveis, apresenta todas as características químicas de um elemento alcalino. Ainda, ele é carregado pelos sais insolúveis de céσιο, tais como o perclorato ou o cloroplatinato. A prova química estava então dada da formação de um elemento alcalino do  $^{227}\text{Ac}$  e, certamente, não poderia se tratar senão do Eka-césio. (ADLOFF, 1979, p. 139)

Como abordou Adloff (2011), de acordo com as leis de deslocamento, tratava-se de um elemento de número atômico 87, denominado por Dmitri Ivanovic Mendeleev (1834-1907) de Eka-césio (Eka-Cs), formado pelo decaimento alfa ( $\alpha$ ) do  $^{227}\text{Ac}$ . A este isótopo de Eka-Cs, Perey deu o nome de AcK e descobriu também que a proporção de átomos de actínio que decaem para AcK era cerca de 1,2%, em um tempo de meia-vida de 21 minutos (ADLOFF, 2011). Assim, a família do actínio estava completa e a relação entre os elementos  $^{227}\text{Ac}$  e AcK pode ser visualizada na figura abaixo.

Figura 9 - Relação entre o actínio e seu produto de desintegração Eka-Césio



Fonte: Adloff (1979).

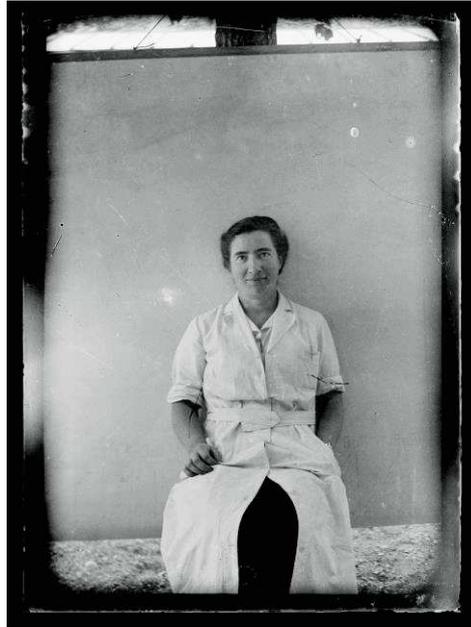
Aos 29 anos, sem um diploma universitário, Marguerite Perey descobriu o primeiro isótopo do Eka-Cs com número de massa 223 e, ao informar aos seus orientadores da descoberta, foi publicada uma nota no *compt. rend. da Academia de Francesa de Ciências* no dia 9 de janeiro de 1939, na qual Marguerite Perey consta como a única autora. Isso porque seus mentores, André Debierne e Irène Curie, trabalhavam com pesquisas voltadas para a descoberta de neoradioelementos e a determinação da meia-vida do actínio.

Deste modo, eles optaram por não assinar a nota de divulgação, dando o crédito total a Marguerite Perey, muito embora os trabalhos dessa estudiosa tenham sido realizados no *Institut du Radium* sob supervisão inicial de Marie Curie e após sua morte, sob orientação de Irène e André (GREENWOOD, 2014). Vale ressaltar que tal atitude foge ao esperado, principalmente,

em relação a descobertas feitas por mulheres, o que demonstra respeito aos trabalhos desenvolvidos por Marguerite.

Alguns anos mais tarde, em homenagem à nacionalidade da mulher que o descobriu, o elemento químico AcK recebeu a denominação de Frâncio.

Figura 10 - Marguerite Perey durante seus trabalhos com o Actínio no Instituto do Rádío



Fonte: Greenwood (2014).

#### 2.4 A VIDA DE M. C. PEREY APÓS A DESCOBERTA DO FRÂNCIO

Após a descoberta do novo radioelemento, Marguerite, a fim de dar continuidade aos seus estudos, alcançando o tão sonhado título universitário, deixou os trabalhos no Laboratório Curie, no *Institut du Radium* e ingressou na Universidade de Sorbonne, durante a Segunda Guerra Mundial. Embora não detivesse um diploma de graduação, com sua pesquisa sobre o AcK, conseguiu defender sua tese de doutorado no dia 21 de março de 1946, intitulada “*L’élément 87: AcK, dérivé de l’actinium*”, onde sugeriu o nome frâncio para o elemento (ADLOFF, 2011).

O nome Frâncio, Fa, é proposto para a caixa 87, em honra de sua terra natal. Esse nome foi oficialmente adotado sem discussão, mas alguns anos depois o símbolo foi mudado para Fr. Durante a apresentação de sua tese, seguindo a sugestão de Debierne, Perey propôs o nome ‘catium’ (Cm) porque o elemento 87, devido à sua posição na tabela periódica, é o elemento mais eletropositivo.

De sua parte, Iréné não gostou do termo ‘catium’ que soava não estético e sugeria ‘cat’ ao invés de ‘cátion’. (ADLOFF, KAUFFMAN, 1989, p. 137)<sup>10</sup>

Após sua descoberta, a ex-aluna de Marie Curie começou a colher bons frutos e o primeiro deles foi um convite para participar do *Centre National de la Recherche Scientifique* (CNRS) o maior órgão público de pesquisa científica da França, localizado em Paris, e um dos mais importantes do mundo, fundado em 1939 com a ajuda de Irène Curie. Entretanto, ao longo dos 2 anos em que trabalhou na instituição, se sentiu isolada por não ter a oportunidade de supervisionar estudantes em suas pesquisas, como desejava, e acabou lecionando uma disciplina sobre métodos espectroscópicos, em particular espectroscopia de emissão, para técnicos e pesquisadores do CNRS, o que lhe gerou um leve descontentamento (HARVEY, OGILVIE, 2000).

Insatisfeita com suas responsabilidades, Perey decidiu abandonar o CNRS, o que ocasionou novas mudanças em sua vida. A primeira delas foi a nomeação para a cátedra de Química Nuclear na Faculdade de Ciências da Universidade de Strasbourg, em 1949. Com isso, a ela foi confiada a tarefa da criação de um laboratório de pesquisas nucleares para estudar aplicações químicas e biológicas de isótopos radioativos e, no mesmo ano, deu início a um curso regular denominado “Química e Física dos Radioelementos”, como mostra a figura 11 (ADLOFF, KAUFFMAN, 2005b).

Figura 11 - Palestra inaugural de Marguerite Perey no dia 8 de novembro de 1949



Fonte: Adloff e Kauffman (2005b)

Embora não se sentisse à vontade com o público, Marguerite lecionou para alunos de química, física e biologia tendo como material de referência o livro “*Radioactivité*” de Marie Curie, publicado em 1935, e a monografia de Irène Curie “*Les Radioéléments Naturels*”. A

---

<sup>10</sup> Tradução nossa.

cientista se destacou no ensino de técnicas de laboratório para manipular, purificar e medir compostos radioativos, compartilhando os ensinamentos dados por sua mentora. Segundo Adloff e Kauffman (2005b), “seu orgulho e alegria era demonstrar a separação do frâncio e do actínio e transmitir às gerações mais novas o que ela aprendeu com Marie Curie” (ADLOFF, KAUFFMAN, 2005b, p. 381)<sup>11</sup>.

Em janeiro de 1951, Irène Curie inaugurou um modesto laboratório de pesquisa e, juntamente com o jovem físico André Coche (1922-1997), Marguerite realizou um treinamento teórico e prático sobre transformações radioativas, física nuclear e instrumentação. Isso abriu portas para a escolha de seu primeiro aluno de pesquisa, Jean-Pierre Adloff<sup>12</sup>, aluno dedicado que viria a se tornar um dos maiores admiradores da carreira de Marguerite, sendo responsável pela grande maioria de artigos publicados sobre sua vida. Assim, a equipe de Laboratório de Química Nuclear da Universidade de Strasbourg foi composta (ADLOFF, 2011).

Figura 12 - Marguerite Perey e seu primeiro aluno de pesquisa, Jean Pierre Adloff



Fonte: Adloff e Kauffman (1989).

Com a ajuda de colegas da faculdade de medicina, Marguerite decidiu estudar as aplicações biológicas do frâncio acreditando que, devido ao seu curto período de meia-vida, teria utilização no diagnóstico do câncer. Apesar de observar que esse elemento concentrava de duas a quatro vezes mais rápido nos tecidos tumorais do que outros metais alcalinos, o projeto foi interrompido por não haver interesse de médicos pesquisadores e nem recursos suficientes, uma vez que a maior parte do actínio purificado havia sido deixado no *Institut du Radium*, em Paris (ADLOFF, 2011).

Em 1955, a universidade e o CNRS resolveram agrupar todos os laboratórios responsáveis por estudos nucleares de várias localidades em um único centro de pesquisa. O

<sup>11</sup> Tradução nossa

<sup>12</sup> Não encontramos data de nascimento e falecimento do cientista.

*Centre de Recherches Nucléaires* (CRN) era dividido em quatro seções lideradas por professores universitários: física nuclear, física corpuscular, química nuclear e aplicações biológicas. Marguerite Perey ficou responsável pelo departamento de Química Nuclear, trabalhando incansavelmente para a construção do maior laboratório nuclear fora de Paris, o que contribuiu também para o surgimento de novas oportunidades profissionais, como a eleição para a Academia Francesa de Ciências, sendo a primeira mulher a conseguir tal feito (HARVEY, OGILVIE, 2000).

Figura 13 - Encontro do Comitê Científico do CNRS em 1951. Da esquerda para direita: Jules Guéron, Jacques Thirion, Marguerite Perey, Frédéric Joliot, Serge Gorodetsky, pessoa não identificada



Fonte: Adloff e Kauffman (2005b).

## 2.5 UMA PAUSA PARA TRATAR DA HISTÓRIA DA ACADEMIA FRANCESA DE CIÊNCIAS

No início do século XVII, ganhou força por toda Europa um movimento de cunho filosófico e científico onde uma equipe de cientistas se agrupava em torno de um patrono, ou estudioso, para promover a discussão dos assuntos da época. Foi graças a esse movimento que as sociedades científicas começaram a se estabelecer, como a *Royal Society* (1660) em Londres. Influenciado por isso, Jean-Baptiste Colbert (1619-1683), um ministro francês do reinado de Luís XIV (1638-1715), fundou em 1666 uma Academia dedicada ao desenvolvimento das ciências, tendo astrônomos, matemáticos, físicos, anatomistas, botânicos, zoólogos e químicos como membros (HISTOIRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, 2020).

A primeira sessão foi realizada no dia 22 de dezembro de 1666 na biblioteca do Rei Luís XIV, em Paris, e nos seus primeiros 30 anos de existência, funcionou sem um conjunto de regras estabelecido. Em janeiro de 1699, o rei instituiu um estatuto a colocando sob sua proteção, mudando seu nome para *Royal Academy of Sciences*, tendo 70 membros plenos nomeados por

ele e 80 membros correspondentes que ocupavam posições de destaque em determinadas áreas. Por meio dos trabalhos divulgados, essa associação foi responsável por grande parte da expansão científica, mas no ano de 1793<sup>13</sup>, todas as academias foram abolidas sendo possível uma nova organização somente 2 anos depois (HISTOIRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, 2020).

Figura 14 - Membros da Royal Academy of Sciences para o Rei Louis XIV em 1667



Fonte: Spinney (2010).

Com a nova Constituição, promulgada no dia 22 de agosto de 1795, o Instituto Nacional de Ciências e Artes foi criado ao reunir todas as antigas academias científicas, literárias e artísticas. Esse instituto foi dividido em três classes: ciências físicas e matemáticas, ciências morais e políticas, literatura e artes plásticas, sendo a primeira classe a mais numerosa, composta por 60 membros de Paris, 60 membros associados nos departamentos e 8 membros associados estrangeiros. Oito anos mais tarde, a classe de ciências morais e políticas foi extinta, a terceira classe foi subdividida, um secretário perpétuo foi escolhido para cada divisão e a equipe passou a ser composta por 63 membros plenos, 100 membros correspondentes e 8 parceiros estrangeiros (HISTOIRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, 2020).

No início do século XIX, foi restaurado às instituições o nome de Academia estando todas elas organizadas dentro do *Institut de France*, mas com um maior grau de autonomia. Outras mudanças significativas também ocorreram, como a publicação dos primeiros compt. rend. da Academia de Ciências, em 1835, e a autonomia de cada seção em escolher seus

<sup>13</sup> Vale lembrar que esse foi o período da revolução francesa. *Jean-Paul Marat* (1743-1793), que fora recusado por Lavoisier na eleição para a Academia de Ciências, vingava-se dissolvendo as sociedades científicas. *Antoine-Laurent de Lavoisier* (1743-1794) foi preso em 1793 e os cientistas de toda a Europa, temendo pela sua vida, enviaram uma petição aos juízes para que o poupassem em respeito a seu valor científico. O advogado *Jean-Baptiste Coffinhal* (1762-1794), presidente do tribunal, recusou o pedido com uma frase que se tornou famosa: "A França não precisa de Cientistas".

membros, correspondentes e estrangeiros associados (HISTOIRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, 2020). Com o avanço da ciência no século XX, o número de membros começou a crescer e modificações e inovações foram surgindo, como a eleição da primeira mulher para a Academia Francesa de Ciências (FAS).

Esta organização, que completou 350 anos em 2016, proporciona reflexões e debates frente aos desafios éticos, políticos e sociais colocados pela ciência, de forma a sempre apoiar o desenvolvimento de pesquisas, se comprometer com a qualidade do ensino de ciências e estar presente no meio científico internacional.

## 2.6 A ELEIÇÃO DE MARGUERITE CATHERINE PEREY PARA A ACADEMIA FRANCESA DE CIÊNCIAS

Como já retratado anteriormente, a Academia Francesa de Ciências carregava consigo um legado no qual mulheres não eram eleitas como membros, seja pleno ou correspondente. Nem mesmo Marie Curie conseguiu fugir desse preconceito quando perdeu a eleição de membro correspondente na seção de física geral para Édouard Branly (1844-1940), em 1910. Entretanto, com a eleição do matemático Arnaud Denjoy (1884-1974) para a presidência da academia em janeiro de 1962, uma série de mudanças estruturais, incluindo o fim da exclusão de mulheres, foram sendo adotadas (ADLOFF, KAUFFMAN, 2005c).

Como prometido, no dia 12 de março de 1962, a academia chocou toda a sociedade e seus membros ao eleger Marguerite Catherine Perey para a seção de física, tendo como concorrente um homem, o reitor da Faculdade de Ciências de Marselha, que perdeu por uma diferença de 13 votos. Assim estabeleceu-se a eleição da primeira mulher para a Academia Francesa de Ciências. Mas, embora ela tenha sido responsável pela descoberta de um elemento químico, sua reputação só começou a se fortalecer quando foi eleita para a cadeira de Química Nuclear na Universidade de Strasbourg e ainda assim, fora do meio científico, algumas pessoas a consideravam desconhecida (ADLOFF, KAUFFMAN, 2005c).

Figura 15 - Marguerite Catherine Perey em 1960



Fonte: Adloff e Kauffman (2005c).

Como afirma Orna (2009), a descoberta do Frâncio foi uma grande realização para a comunidade científica, mas foi, em parte, ignorada pelo público que se atentava à precária situação política entre França e Alemanha. Logo, essa revelação pode ser considerada um motivo muito relevante para a nomeação de Perey para a FAS, porém tardia, sendo a principal influência do ocorrido o reconhecimento do trabalho da cientista por importantes acadêmicos da época. Mas, como era de se esperar, por trás da eleição havia um detalhe que não foi noticiado pelos jornais da época: Marguerite foi nomeada como membro correspondente, e não membro pleno.

Esses membros, também chamados de segundo escalão, não possuíam “cadeiras acadêmicas”. Ou seja, não faziam parte da corporação acadêmica e muito menos recebiam o título de acadêmico, o qual era reservado para os 40 membros considerados “imortais”<sup>14</sup> que simbolizavam o talento, a inteligência, a cultura, a literatura e a imaginação científica francesa. Por outro lado, os correspondentes tinham o direito de negar a aceitação de trabalhos submetidos a publicações semanais nos *compt. rend. da academia* (ADLOFF, KAUFFMAN, 2005c).

Nas palavras de Marguerite Perey em seu discurso de posse do cargo na instituição:

“Esses senhores foram de fato muito corajosos para abrirem suas portas para uma mulher.... Eu estou profundamente emocionada.... Eu tenho a impressão

<sup>14</sup> Atualmente, os 40 membros considerados “imortais” compõem a Academia Francesa, fundada em 1635 durante o reinado de Luís XIII. Essa instituição, que tinha como função principal a normatização e aperfeiçoamento da língua francesa, é considerada a mais antiga das 5 academias que formam o *Institut de France* (*Académie Française, Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, Académie des Sciences, Académie des Beaux-Arts e Académie des Sciences Morales et Politiques*), sendo a última, a principal influência para a criação da Academia Brasileira de Letras.

de ter derrubado as últimas portas que ainda estavam fechadas para as mulheres<sup>15</sup>.” (PEREY, M. *apud* ADLOFF, KAUFFMAN, 2005c, p. 396)

Diante deste cenário, Marguerite tinha consciência de que sua eleição estaria quebrando barreiras para a inserção de outras mulheres em cargos antes dominados por homens. E realmente foi o que ocorreu. Dezesseis anos mais tarde, a física francesa Yvonne Choquet-Bruyat (1923- ) foi eleita como membro correspondente na seção de ciências mecânicas e da computação e, anos mais tarde, foi nomeada membro pleno, sendo a primeira mulher a ocupar essa posição (ADLOFF, KAUFFMAN, 2005c).

Marie Curie, a primeira mulher a ser professora em uma universidade francesa em 1906, e Marguerite Perey, a primeira mulher a ser membro correspondente da FAS, são figuras simbólicas essenciais na luta pela participação de mulheres na área de ciências. Pode-se dizer que foram fortes influências para a eleição da primeira mulher como membro imortal da academia, em 1980, e a eleição da primeira mulher como Presidente do Instituto, em 2005. Embora as mulheres tenham alcançado lugares que antes eram destinados apenas aos homens, a luta está longe de acabar e a divulgação da história de importantes figuras femininas torna-se imprescindível.

Atualmente, a FAS conta com 284 membros, 112 associados estrangeiros e 70 membros correspondentes, compondo uma assembleia multidisciplinar e aberta ao mercado internacional. A Academia é composta por duas seções, sendo elas, Ciências Matemáticas, Físicas e do Universo, e Ciências Químicas, Biológicas e Médicas. Segundo dados disponíveis no site oficial da Academia de Ciências, no ano de 2020 havia somente 2 mulheres eleitas membros na seção de Química, sendo uma delas a diretora da seção (LES MEMBRES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, 2020).

## 2.7 OS ÚLTIMOS ANOS DE MARGUERITE PEREY E SUA RELAÇÃO COM A MÍDIA

Os anos que se seguiram após a eleição de Perey para a Academia Francesa a tiraram do anonimato. Jornais e revistas começaram a publicar matérias sobre sua vida pessoal e profissional, sobre a descoberta do Frâncio, seus trabalhos com Marie e Irène Curie e também sobre sua saúde, prejudicada por anos de trabalho com elementos radioativos. As reportagens apresentavam notícias extravagantes e até mesmo falsas quando afirmavam, por exemplo, que ela teve o dedo polegar amputado, que passou por 12 cirurgias e que submeteu sua tese em

---

<sup>15</sup> Tradução nossa.

1935, sendo que na verdade isso só aconteceu após a descoberta do Frâncio em 1939 (ADLOFF, KAUFFMAN, 2005c).

A figura abaixo traz uma nota publicada em um jornal francês cujo título traduzido é: “A jovem química que descobriu o elemento 87 tem um único arrependimento: nunca mais será capaz de tocar Chopin. A terrível manipulação de elementos radioativos durante 20 anos com Marie Curie machucou a mão esquerda<sup>16</sup>”, tornando Perey mais uma vítima dos meios de comunicação e suas abordagens surpreendentes.

Figura 16 - Uma das notícias sensacionalistas publicada em um jornal francês



Fonte: Adloff e Kauffman (2005c).

Marguerite chegou também a ter sua vida ilustrada em histórias em quadrinhos, como mostra a figura 17. Sua trajetória era retratada de maneira sensacionalista e dramática, apresentando uma relação entre Perette (M. Perey) e Marie Curie que já estava doente, mostrando a necessidade de continuar as pesquisas de sua mentora que, mais tarde, ocasionaram a descoberta do Frâncio. A história relatava uma sociedade acadêmica desconfiada da descoberta, uma vez que a cientista não possuía um diploma universitário e era mulher, e alertou para uma possível doença - denominada doença do átomo - causada por anos de pesquisa e exposição a elementos radioativos (ADLOFF, KAUFFMAN, 2005c).

Figura 17 - História em quadrinhos relatando a vida de Madame Perey

<sup>16</sup> Vale dizer que esta notícia seria mais verdadeira caso afirmasse que Marguerite trabalhou durante 20 anos com a manipulação de elementos radioativos, durante os quais somente 4 anos foram sob a orientação de Marie Curie.



Fonte: Adloff e Kauffman (2005c).

Devido a importância do diálogo estabelecido nesta história, o qual vem realçar a visão da sociedade francesa da época, bem como algumas dificuldades enfrentadas pela cientista, optamos por traduzir o diálogo.

Tabela 1 – Tradução dos quadros que compõem a história em quadrinhos

Perrete e o Átomo		
	Francês	Português
Quadro 1	“Perrette, vous devez agréé des recherches personnelles... vous réussay.”	“Perrette, você deve concordar [que] com a pesquisa pessoal... você teve sucesso.”
Quadro 2	“Allons donc! Une laborantine sans diplômes! Recuser te que nous cherches depous dix ans?” “Impossible! Et impensable! Elle n'a même pas son bac.”	“Vamos lá! Uma assistente de laboratório sem diploma! E rejeitar o que nós estamos procurando há dez anos?” “Impossível! E impensável! Ela nem tem o bacharelado.”
Quadro 3	Ilegível.	Ilegível.
Quadro 4	“Biéntot...” “Licence de biologie... Marguerite Perey...”	“Em breve...” “Licença em Biologia... Marguerite Perey...”

Quadro 5	<p>“Et encore...”  “Doctorat de chimie, Marguerite Perey...”  “Parfait cela fera faire mes détracteurs.”</p>	<p>“E ainda...”  “Doutorado em Química, Marguerite Perey...”  “Perfeito que ela fará minhas críticas.”</p>
Quadro 6	<p>“L’Institut du Radium est en fête”  “Vive Perrette!”  “A la santé de Perrette!”  “C’est notre nouvelle Marie Curie.”</p>	<p>“O Instituto do Radium está em festa.”  “Viva Perrette!”  “Pela saúde de Perrette!”  “Essa é a nossa nova Marie Curie.”</p>
Quadro 7	Ilegível.	Ilegível.
Quadro 8	<p>“Elle consulte des médecins...”  “...vous couper un nerf sympathique pour vous soulager.”  “Mais cela ne me guérira pas. L'atome ne pardonne pas...”</p>	<p>“Ela consulta os médicos...”  “Nós cortaremos um nervo simpático para avaliar você.”  “Mas isso não vai me curar. O átomo não perdoa...”</p>
Quadro 9	<p>“Ce bonheur n'est plus pour moi. Pas le droit de transmette une vie abimeé par les radiations atomiques.”</p>	<p>“Essa felicidade não é mais para mim. Não tenho permissão para transmitir uma vida danificada pela radiação atômica.”</p>
Quadro 10	<p>“Ah! Je n'en puis plus!”</p>	<p>“Ah! Eu não aguento mais!”</p>
Quadro 11	<p>“Isoler le Francium... qui... mais je dois maintenant decouvrir ses utilisations... le Francium doit servir l'humanité”</p>	<p>“Isolar o Frâncio... que... mas agora devo descobrir suas aplicações... o Frâncio deve servir à humanidade.”</p>
Quadro 12	<p>“Mais... la maladie laissera-t-elle a Perrette le temps d'achever la tache qu'elle sest impossé?”</p>	<p>“Mas... a doença dará a Perrette o tempo para completar a tarefa que ela se impôs?”</p>

Com isso, surgiram os primeiros boatos de que Marguerite sofria em segredo com uma doença temida por todos os cientistas que trabalhavam com radioelementos: o câncer. No final do século XX, a descoberta dos Raios-X e da radioatividade acabou ocasionando o uso desenfreado de raios ionizantes, mas pouco se sabia a respeito dos riscos ocasionados pela contaminação e/ou exposição por essas fontes. A contaminação se dá quando o indivíduo entra em contato direto com a fonte radioativa, seja internamente (inalação ou ingestão) ou externamente (contato com a pele), passando a carregar o material consigo. Já a exposição ocorre quando o indivíduo é exposto a fonte radioativa em uma determinada distância (PASQUETA, 2019).

Ambos os casos trazem efeitos biológicos indesejados, os quais muitos cientistas não conheciam, e que apresentavam um intervalo de tempo muito instável, podendo levar minutos ou até mesmo anos para se manifestarem, como foi o caso de Perey. Com base nisso, um conjunto de medidas foram implementadas com o intuito de proteger todos aqueles que trabalham no setor radiológico, denominada Radioproteção ou Proteção Radiológica. Em 2006, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) determinou que todas atividades que utilizam radiações devem ser justificáveis, visando sempre a diminuição a níveis aceitáveis ou a

eliminação de exposição à radiação a fim de prevenir seus efeitos biológicos (FERNANDES, 2017).

Em meados de 1960, pouco tempo depois de se instalar em Strasbourg, Marguerite foi forçada a abandonar suas atividades de pesquisa após começar a sentir fortes dores por todo o corpo. Exames mostraram que, após 20 anos de exposição à radiação, a corpo de Perey começou a dar sinais da presença de radiação característica do actínio e de todos os elementos de sua família por toda sua estrutura óssea (ADLOFF, 1979).

No entanto, os problemas de saúde de Madame Perey começaram em 1951 com uma depressão após a morte de sua mãe e, logo nos seus primeiros anos de pesquisa no *Institut du Radium* notou queimaduras nas mãos e nos dedos, o que acreditou ser devido ao manuseamento de ácidos e outros produtos químicos. Porém, eram os primeiros sinais dos efeitos da radiação. Após a descoberta do Frâncio, a cientista focou em seus estudos e em sua tese de doutorado passando alguns anos longe da radiação. Apesar disso, era tarde demais, visto que os efeitos causados por ela eram irreversíveis (GREENWOOD, 2014).

O período mais doloroso para Perey foi em 1959, no qual voltou a sentir dores muito intensas nas mãos e na cabeça. Para ajudar no tratamento da doença, Marguerite se mudou para Nice, situada na região de *Côte d'Azur*, no litoral da França, e fazia visitas esporádicas e rápidas à Strasbourg para cumprir com seus compromissos profissionais, os quais muitas vezes eram desmarcados devido à urgente necessidade de internação por nevralgia aguda. Embora soubesse de que se tratava de uma doença que comprometia seus movimentos e estrutura óssea, Perey nunca perdeu a esperança de voltar a trabalhar e sempre trocava cartas com seu aluno de pesquisa Jean Adloff, afirmando que logo estaria retornando aos laboratórios. Todavia, infelizmente, a doença só progrediu desde então (GREENWOOD, 2014).

Em uma das cartas que escreveu para Adloff, em 1961, Marguerite relatou estar sentindo os efeitos da radiação de forma ainda mais intensa e lamentou o fato de não conseguir mais retomar suas pesquisas. Marguerite Perey afirmou em setembro de 1961:

“Eu ainda estou passando por uma provação muito difícil, da qual você infelizmente sentirá os efeitos. Eu sei que não posso retomar meu trabalho da mesma forma que eu fazia antes. Eu tinha pensado que esses meses sombrios de isolamento dariam a chance de estar com você agora. Você pode bem entender como essa decisão me afeta.” (PEREY, M. apud ADLOFF, KAUFFMAN, 2005b, p. 382)<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> Tradução nossa.

Durante os anos tratando o câncer, Marguerite ainda foi nomeada como membro correspondente da Academia Francesa de Ciências em 1962, encontrou ex-colegas de laboratório no centenário de Marie Curie em 1967 e foi convidada de honra na comemoração do centenário da Tabela Periódica em Strasbourg no ano de 1969, coincidindo com a comemoração de 30 anos da descoberta do Frâncio. Nos anos finais, uma de suas irmãs se mudou para ajudá-la e relatou, em 1973, uma piora no estado de saúde de Marguerite, estando sua visão e equilíbrio comprometidos (GREENWOOD, 2014). Em uma carta escrita no dia 2 de janeiro de 1975, Marguerite relatou os últimos efeitos da doença:

“Minha escrita está ficando cada vez mais prejudicada pelo meu olho afetado. É claro que minha condição é resultado de uma grave doença no sangue e na medula óssea causada por radiação de substâncias nocivas juntamente com inúmeras complicações. Se ao menos eu pudesse andar, mas eu perdi meu equilíbrio e depois de muitas quedas, não posso sair da cama sem ajuda da minha enfermeira. Onde está minha tão querida independência? Com grande cautela, os médicos estão aumentando progressivamente as doses dos sedativos a fim de aliviar minhas crises violentas, mas isso produz um estado de torpor que em certos dias não posso suportar, ou escrever. Meus olhos e mãos não querem mais continuar, então devo parar.” (PEREY, M. apud ADLOFF, KAUFFMAN, 2005b, p. 383)<sup>18</sup>

No dia 13 de maio de 1975, faleceu Marguerite Catherine Perey, a única mulher a assinar sozinha a descoberta de um elemento químico. Ela dedicou toda sua vida à pesquisa, deixando um brilhante legado. Foi homenageada com um auditório no *Centre National de la Recherche Scientifique* denominado “Marguerite Perey Auditorium”, no *campus* de Cronenbourg, e com uma avenida na comuna francesa Dammarie-lès-lys, a qual leva o seu nome.

Figura 18 - Placa de bronze localizada em frente ao auditório que carrega o nome da cientista



Fonte: Adloff e Kauffman (2005b).

<sup>18</sup> Tradução nossa.

Além disso, ainda em vida, recebeu condecorações e prêmios importantes que valorizaram sua trajetória profissional, como o Prêmio Leconte da Academia Francesa de Ciências em reconhecimento a importantes descobertas (1960), uma condecoração honorífica francesa denominada Ordem Nacional da Legião de Honra (1960), a Medalha de Prata da Sociedade Francesa de Química (1964) e, por último, em 1974, a Ordem Nacional de Mérito Francesa (GREENWOOD, 2014).

Figura 19 - Marguerite Catherine Perey em Nice no ano de 1971



Fonte: Adloff e Kauffman (2005a)

### 3 UM ESTUDO MAIS DETALHADO SOBRE O ISOLAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO FRÂNCIO

#### 3.1 AS PRIMEIRAS IDEIAS A RESPEITO DO ELEMENTO QUÍMICO DE NÚMERO ATÔMICO 87

Em 1871, o químico e físico russo Dmitri Ivanovic Mendeleev (1834-1907), responsável pela elaboração do sistema periódico, cogitou a existência de um metal alcalino o qual denominou *eka-caesium* (Eka-Cs) (figura 20). O prefixo *eka* era utilizado por Mendeleev para nomear os elementos previstos que se localizavam abaixo daqueles já conhecidos, o que indicava que o Eka-Cs estava localizado uma casa abaixo do césio na tabela periódica. Em 1911, Theodore Willian Richards (1868-1928), vencedor do Prêmio Nobel de Química (1914) pela determinação dos pesos atômicos de mais de vinte elementos, afirmou que, assim como o elemento de número atômico 85 denominado *eka-iodine*, e atualmente conhecido como Astató, o Eka-Cs deveria ser instável (ADLOFF, KAUFFMAN, 1989).

Figura 20 - Tabela Periódica com o espaço do Eka-Cs marcado por uma seta

P e r í o d o	S é r i e s	Grupos																		
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		(0)		
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
1	1	H 1																		He 2
2	2	Li 3	Be 4		B 5	C 6	N 7	O 8	F 9											Ne 10
3	3	Na 11	Mg 12		Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17											Ar 18
4	4	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Sr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28									Kr 30
	5	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35												
5	6	Ru 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46									Xe 54
	7	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53												
6	8	Cs 55	Ba 56	Terras Raras 57-71	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78									
	9	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85												Rn 86
7	10	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92													

Fonte: Tolentino, Rocha-Filho, Chagas (1997).

Além de ser considerado o mais eletropositivo<sup>19</sup>, ou o menos eletronegativo, dentre todos os elementos, de acordo com a lei periódica proposta por Henry Gwyn Jeffreys Moseley (1887-1915) em 1913, o Eka-Cs deveria possuir número atômico 87 e ocupar o último período da tabela periódica. Baseando-se nisso, inúmeros cientistas deram início a tentativas de isolamento e identificação dele a partir de minerais de rubídio e céσιο, elementos estes que pertencem ao mesmo grupo do Eka-Cs. Para isso, foram utilizadas, principalmente, técnicas de espectrometria de massa e de Raios-X que resultaram em descobertas desacreditadas sobre o elemento (ADLOFF, KAUFFMAN, 1989).

O primeiro relato sobre uma possível revelação foi feito pelo químico russo D. K. Dobroserdov (1876-1936) em 1925. Ao analisar uma amostra de potássio, o cientista notou uma fraca atividade radioativa que acreditava ser referente ao elemento 87, para o qual ele propôs o nome *russium*. Entretanto, a atividade detectada referia-se ao isótopo do potássio, <sup>40</sup>K, o qual emite radiações beta ( $\beta$ ) e compõe cerca de 0,012% do elemento químico natural. Um ano mais tarde, os químicos Gerald J. F. Druce (1894-1950) e Frederick H. Loring<sup>20</sup> analisaram uma amostra de sulfato de manganês (II), MnSO<sub>4</sub>, e detectaram linhas espectrais que acreditavam pertencer ao elemento, para o qual propuseram o nome *alkalinium*, mas por terem obtido frágeis e pequenas evidências optaram por não reivindicar a descoberta (AFONSO, 2012a).

Essas fortes dúvidas a respeito do *russium* e do *alkalinium* se devem a um estudo publicado em 1929, o qual afirmou que o elemento Eka-Cs, se realmente existisse, deveria ser encontrado na polucita, minério rico em céσιο de fórmula química (Cs,Na)<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>12</sub>.2H<sub>2</sub>O; e na lepidolita, minério de lítio de fórmula química KLi<sub>2</sub>Al(Al,Si)<sub>3</sub>O<sub>10</sub>(F,OH)<sub>2</sub>. Com isso, em 1930, o físico Fred C. Allison (1882-1974) anunciou a descoberta do elemento em amostras de polucita, lepidolita, samarskita (mineral radioativo de fórmula química (Y,Fe<sup>3+</sup>,U)(Nb,Ta)O<sub>4</sub> ou (Y,Fe<sup>3+</sup>,U)(Nb,Ta)<sub>5</sub>O<sub>4</sub>) e monazita (mineral de fórmula química (Ce,La,Nd,Th)PO<sub>4</sub>), sugerindo para ele o nome *virginium*. Contudo, quatro anos mais tarde, a experiência de Allison foi invalidada devido a algumas incorreções (ADLOFF, 1979).

Somente em 1936, Horia Hulubei (1896-1972) voltou a cogitar a descoberta do Eka-Cs ao analisar uma amostra de polucita com um aparelho de Raio-X de alta resolução. O pesquisador notou linhas espectrais de baixa intensidade com comprimentos de onda próximos aos previstos para o elemento, para o qual propôs o nome *moldavium* (HULUBEI, 1936). A

---

<sup>19</sup> Vale lembrar que a eletronegatividade é a capacidade do átomo de atrair os elétrons em uma ligação. A eletropositividade, ou caráter metálico, não é uma propriedade periódica, ela se dá em oposição ao conceito de eletronegatividade. Ou seja, é a tendência que um átomo apresenta de “ceder” elétrons.

<sup>20</sup> Não encontramos as datas de nascimento e morte do cientista.

interpretação dos dados obtidos seguiu a Lei de Moseley a qual estabelece uma variação linear entre o número atômico do elemento químico e a raiz quadrada da frequência dos Raios-X de seu espectro característico. Logo, através dessa lei, foi possível comparar a frequência esperada para o elemento de número atômico 87, àquele encontrado por Hulubei (TAVARES, 2013). Entretanto, possíveis confusões a respeito da identificação dos raios secundários foram relatadas, o que atribuiu menor precisão e credibilidade aos resultados (HULUBEI, 1936). Como ressalta Afonso (2012a),

Esse trabalho também foi duramente criticado pelas incertezas quanto ao rigor da interpretação dos resultados. O motivo de todos esses insucessos seria compreendido mais tarde: todos os isótopos do elemento 87 são instáveis e de meia-vida curtíssima. Na verdade, chegou-se mesmo a cogitar a inexistência desse elemento ou que ele pertenceria a uma série de decaimento radioativo ainda desconhecida. (p. 43)

A pesquisa de Horia Hulubei, juntamente com aquela desenvolvida por Stefan Meyer (1872-1949), Viktor F. Hess (1883- 1964) e Friedrich Adolf Paneth (1887-1958) que levaram, em 1914, à observação de emissão de partículas alfa ( $\alpha$ ) de baixa energia em uma amostra enriquecida de  $^{227}\text{Ac}$ , foram fontes de referência para os estudos de Marguerite Perey que, em 1939, isolou e identificou o elemento de número atômico 87, o qual chamou de actínio K.

### 3.2 A DESCOBERTA DO EKA-CESIUM

Como mencionado no capítulo anterior, em 1929 Marie Curie voltou seu trabalho para o estudo da espectroscopia de raios  $\alpha$  do  $^{227}\text{Ac}$ , segundo isótopo natural do actínio descoberto por André Debierne em 1900 e, para isso, confiou a Marguerite Perey o trabalho de preparar fontes puras e de forte atividade do elemento. Entretanto, por apresentar um período de meia vida pouco conhecido, variando de 7 a 22 anos, e apresentar uma emissão  $\beta$  de fraca intensidade, a família desse elemento químico não era muito estudada e, para que as propriedades do  $^{227}\text{Ac}$  pudessem ser determinadas, era preciso uma espera de três meses até que o equilíbrio radioativo entre seus descendentes se estabelecesse (ADLOFF, 1979).

A definição da família do actínio ocorreu graças ao estabelecimento de duas leis da radioatividade estabelecidas em 1913. A Primeira Lei de Frederick Soddy (1877-1956) afirma que, quando um átomo emite partículas  $\alpha$ , origina um produto de massa atômica menor em quatro unidades e número atômico menor em duas, sendo deslocado dois lugares à esquerda na Tabela Periódica. Já a Segunda Lei de F. Soddy diz que, quando há emissão de partículas  $\beta$ , o produto originado possui o mesmo número de massa e número atômico maior em uma unidade,



AcX, sendo ainda mais difícil estudá-la e, conseqüentemente, determinar as linhas espectrais do  $^{227}\text{Ac}$  (PEREY 1936).

Marguerite Catherine Perey continuou analisando incansavelmente a amostra de óxido de lantânio realizando inúmeras purificações na tentativa de obter resultados melhores. Com isso, no final de 1938, observou em um de seus produtos de purificação uma atividade  $\beta$  diferente daquela esperada pelo actínio. Como já mencionado, em 1935, Willard Libby e Wendell Latimer observaram uma atividade beta cuja energia máxima era de 220.000 eV e atribuíram à formação do radioactínio. Entretanto, a anomalia observada por Perey a fez questionar se a energia detectada pelos pesquisadores era, realmente, referente à formação do RAc ou se poderia ser de outro radioelemento ainda não identificado. A partir de então, ela decidiu analisar minuciosamente as radiações emitidas (AFONSO, 2012a).

Para conhecer com precisão a evolução da atividade da radiação  $\beta$  emitida pelo actínio sem levar em consideração seus derivados, nós temos que acompanhar seu crescimento, e nos esforçar para medir o quanto antes possível a atividade  $\beta$  própria do actínio depois da última purificação, antes que seus sucessores intervenham<sup>21</sup>. (PEREY, 1939a, p. 97)

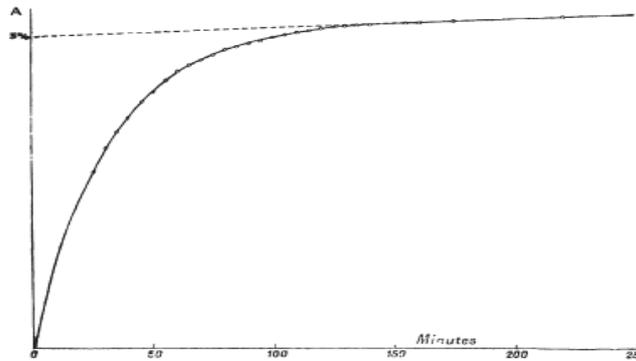
Partindo do sal de óxido de lantânio obtido não era possível medir diretamente a atividade beta do actínio e, por conta disso, foi preciso um tempo de espera de 3 meses para que o equilíbrio radioativo se estabelecesse. Marguerite considerou que a evolução da atividade do depósito ativo analisado envolvia três substâncias: actínio, radioactínio e actínio X, sendo este último acompanhado por seus derivados durante todo o processo. Por conta disso, o primeiro passo foi limpar radioquimicamente o sal de lantânio para eliminar todo traço de radioactínio que poderia estar influenciando diretamente na atividade observada (PEREY, 1939a).

O RAc foi tratado com hidrato de cério em meio oxigenado e sofreu deposição ativa por arrastamento através do sulfeto de hidrogênio em presença de chumbo. Em seguida, o sal de lantânio foi novamente precipitado em presença de bário e tratado com carbonato de amônio. Com isso, o AcX foi deixado em solução e uma nova purificação foi realizada para eliminar possíveis traços de radioactínio ainda presentes. Após as duas primeiras horas que marcaram o fim da purificação, a amostra foi analisada e Marguerite notou uma atividade de radiação  $\beta$  que aumentou em um período de cerca de vinte minutos, apresentou um platô e depois aumentou novamente devido a formação de descendentes radioativos, como mostra a imagem abaixo (PEREY, 1939a).

---

<sup>21</sup> Tradução nossa.

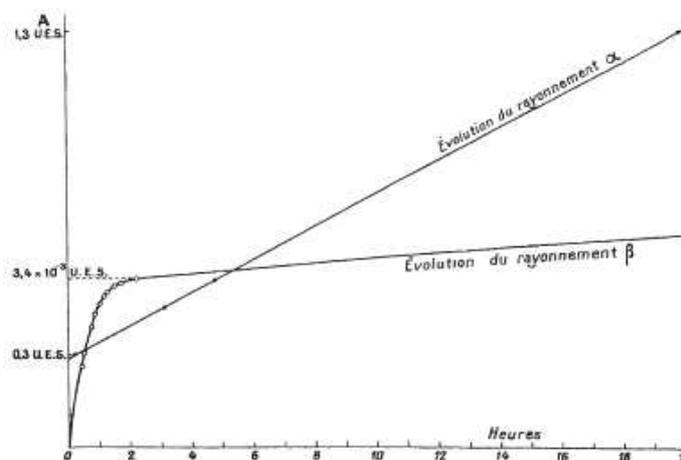
Figura 22 - Curva experimental que simboliza a atividade observada por Marguerite Perey em uma amostra de actínio sem seus derivados



Fonte: Perey (1939b)

Inicialmente, a cientista atribuiu esse aumento da atividade beta a traços provenientes do actínio X e decidiu, então, precipitá-lo com sulfeto de chumbo e testar novamente a atividade, mas o aumento de cerca de 21 minutos não foi detectado. Com isso, decidiu analisar, simultaneamente, a evolução das atividades alfa e beta de um produto de actínio recém purificado, e o resultado é mostrado na figura 23. O instante inicial  $t_0$  indica o momento de separação do AcX; a radiação alfa mostrada é referente ao RAc que foi separado do AcX após 2 horas, e a atividade beta refere-se à formação do novo radioelemento. “Essa subida inicial nunca havia sido vista antes; parecia lógico atribuí-la à formação, em actínio, de um novo radioelemento separado durante as purificações<sup>22</sup>” (PEREY, 1939a, p. 97).

Figura 23 - Curva experimental que simboliza as atividades alfa e beta de um produto de actínio recém purificado. A atividade beta refere-se à formação do novo elemento. UES é uma unidade de medida referente a intensidade da corrente de ionização



Fonte: Perey (1939b).

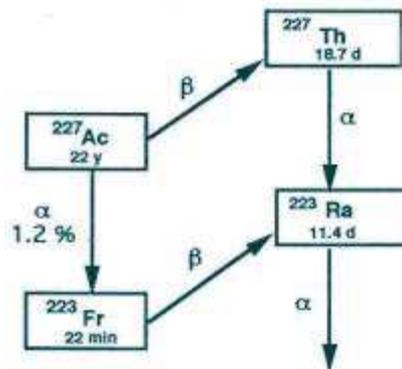
<sup>22</sup> Tradução nossa.

Mas, para comprovar essa teoria, era preciso determinar em que ponto do processo o novo elemento se separava do actínio. Ao evaporar a água mãe da última purificação, a qual deveria estar inativa e conter apenas sais de amoníaco, ela apresentou uma atividade beta no mesmo período de 21 minutos que aquela já vista. Ela sofreu precipitações com hidrato de cério, sulfeto de chumbo e carbonato de bário na tentativa de identificar RAc e AcX, mas nenhuma atividade como a detectada por Marguerite foi observada. Com isso, a jovem cientista acreditava ter detectado uma atividade  $\beta$  proveniente de um novo elemento alcalino, que só poderia ser formado por emissões de raios  $\alpha$  do actínio, ao qual ela atribuiu o nome de actínio K, AcK (PEREY, 1939a).

Somos, portanto, levados a pensar que esse elemento radioativo natural, com um período de 21 minutos, tem o número atômico 87 e deriva, por radiação alfa, do actínio; ou que o actínio tem um ramo alfa fraco, ou que é uma mistura de dois isótopos que se desintegram um por radiação beta, e o outro por radiação alfa. Sabemos que o Sr. Hulubei observou, por meio de um espectrógrafo de Raios X, linhas correspondentes ao elemento 87 em produtos de tratamento de polucita (uma zeólita mineral de fórmula  $(\text{Cs,Na})_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Portanto, ele conclui que este minério contém um elemento durável com esse número e ao qual deu o nome de moldavium. Se esses resultados forem confirmados, haveria, portanto, pelo menos dois isótopos com número atômico 87, um de vida bastante longa e o outro, de vida curta que estamos relatando<sup>23</sup>. (p. 99)

Assim, Marguerite Catherine Perey descobriu o elemento químico de número atômico 87 originado pelo decaimento  $\alpha$  do actínio em uma proporção de 1,2%, com tempo de meia vida de, aproximadamente, 21 minutos, completando o “ciclo do actínio”.

Figura 24 - A ramificação alfa do actínio e sua família. Nesta imagem o AcK é representado pelo símbolo Fr, nomeação atribuída ao elemento anos mais tarde



Fonte: Adloff e Kauffman (2005a).

<sup>23</sup> Tradução nossa.

### 3.3 A PROVA DA EXISTÊNCIA DO ACK

Embora Marguerite Perey acreditasse que havia descoberto um novo elemento químico, sua publicação e divulgação só poderiam ser feitas após observação das propriedades físicas e identificação química do isótopo. Em 1914, Stefan Meyer (1872-1949), Victor Franz Hess (1883-1964) e Friedrich Adolf Paneth (1887-1958) detectaram a existência de uma emissão alfa de intensidade própria a do  $^{227}\text{Ac}$  com um percurso de 3,5 cm, e afirmaram que havia traços de protactínio na amostra, uma vez que este elemento possui uma radiação alfa de percurso de 3,54 cm (ADLOFF, 1979).

Dessa forma, para comprovar a existência do AcK, Marguerite precisava medir a radiação alfa emitida pelo actínio, livre da influência de protactínio, e obter um valor próximo a 3,5 cm. Utilizando um traçador químico (espécie química ou biológica que “marca” uma fase específica ou parte de um sistema), Perey provou que em sua amostra purificada não havia traços de protactínio ao medir o percurso da radiação alfa, obtendo como resultado  $3,5 \pm 0,2$  cm. Com isso, Marguerite Catherine havia confirmado a descoberta do primeiro isótopo do Eka-Cs, o último elemento radioativo natural e o quarto radioelemento descoberto na França (ADLOFF, 1979).

No dia 9 de janeiro de 1939, Marguerite assinou sozinha a nota de divulgação da descoberta do AcK no *compt. rend.* na sessão da Academia Francesa de Ciências com o título: “*Sur un élément 87, dérivé de l’actinium*”.

Figura 25 - Primeira menção no caderno de Marguerite sobre o elemento AcK realizada no dia 7 de janeiro de 1939



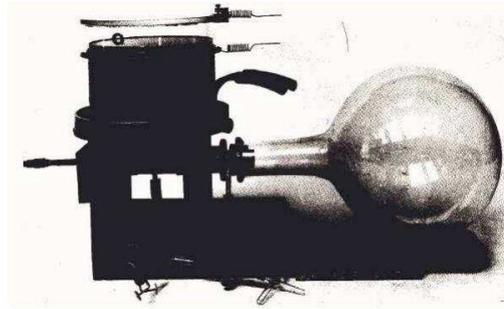
Fonte: Adloff e Kauffman (1989).

### 3.4 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE EMISSÃO DO ACK

Após sua descoberta, Madame Perey foi liberada das obrigações no laboratório para que pudesse dar continuidade a suas pesquisas livremente e, em julho do mesmo ano, publicou uma nota sobre o espectro beta do AcK, medido na câmara de Wilson (figura 26), cuja energia obtida foi de  $1,2 \pm 0,1$  MeV. Esse equipamento, também conhecido como câmara de nuvem<sup>24</sup> ou de neblina, consiste em um método de identificação de partículas subatômicas criado por Charles Thomson Rees Wilson (1869-1959). Por meio desse método, era possível determinar a trajetória das partículas emitidas por uma fonte radioativa que eram bombardeadas por Raios-X ou por uma fonte de radiação gama, como no caso da câmara utilizada por Marguerite (SCHMITH, 2010).

Figura 26 - Primeira Câmara de Nuvem feita por Wilson

<sup>24</sup> A câmara de Wilson é constituída por um recipiente contendo vapor d'água supersaturado e qualquer alteração na pressão ou temperatura faz com que o vapor se condense. Na ausência de gases, essa condensação ocorre em torno de partículas carregadas eletricamente. Sendo assim, quando um feixe atravessa tais partículas, é possível observar a trajetória e estudar sua natureza.

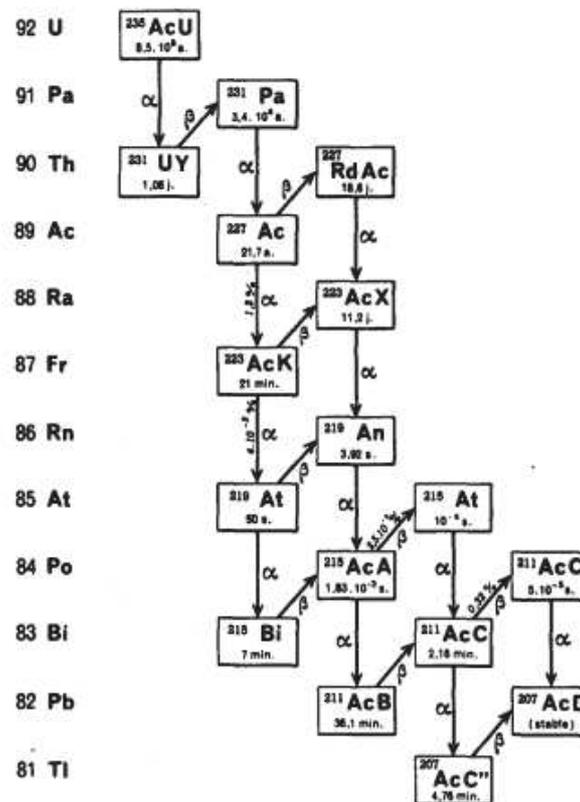


Fonte: Schmith (2010).

Dois anos após a descoberta do novo radioelemento a cientista francesa estudou as radiações gama ( $\gamma$ ) emitidas após a desintegração radioativa de uma amostra pura de actínio, privada de seus derivados, e constatou uma atividade que crescia em um intervalo de 21 minutos até atingir um platô. Ela passou a acreditar que se tratava de uma atividade referente ao AcK e, ao repetir a análise em uma amostra do elemento puro após precipitação por perclorato de céσιο, obteve os mesmos resultados. Com isso, a hipótese foi confirmada e estabelecida a proporção de, aproximadamente, 1% dos átomos de AcK emitindo radiação  $\gamma$  (PEREY, LECOIN, 1941).

Após essa pesquisa, Marguerite decidiu ingressar na Universidade de Sorbonne e se dedicar ao doutorado, defendendo sua tese no dia 21 de março de 1946, onde propôs o nome Frâncio para o novo elemento químico. Logo após, a cientista foi convidada para compor o *Centre National de la Recherche Scientifique* (CNRS) onde realizou um estudo acerca da descendência radioativa do  $^{87}225\text{AcK}$ . Por meio da análise de uma amostra de óxido de lantânio livre de RAc e AcX, foi constatado que o radioelemento alcalino natural recém descoberto, formado pela emissão  $\alpha$  do actínio, se desintegrava por emissão  $\beta$  originando o AcX (PEREY, GUILLOT, 1947).

Figura 27 - Família radioativa do actínio



Fonte: Adloff (1979).

Três anos mais tarde, em 1950, Madame Perey, juntamente com alguns colegas de trabalho, voltou a estudar a radiação  $\gamma$  emitida pelo frâncio e observou um valor de 330 keV, equivalente a 6 fótons emitidos a cada 100 desintegrações, resultado este considerado muito complexo e de difícil análise. Assim, as principais características do novo elemento químico foram determinadas rapidamente incentivando novos estudos sobre ele, como sua possível aplicação na Medicina Nuclear (LECOIN, PEREY, RIOU, TEILLAC, 1950).

### 3.5 OS RADIOISÓTOPOS NA MEDICINA E A POSSÍVEL UTILIZAÇÃO DO FRÂNCIO

A história da radioatividade teve início em 1895 com Wilhelm Conrad Röntgen e a descoberta dos Raios-X. Tal revelação desencadeou interesse de pesquisadores como Henri Becquerel, Marie e Pierre Curie, que consolidaram estudos na área. “A Radioatividade é uma área que estuda os episódios nucleares que resultam da irradiação de energia por átomos, causada em virtude de uma desintegração, ou instabilidade, de elementos químicos” (FILHO *et al.*, 2019, p. 1901).

Quando um núcleo instável se transforma em outro mais estável, de forma espontânea, há emissão de partículas ( $\alpha$  ou  $\beta$ ) e/ou radiação eletromagnética (raios  $\gamma$ ), ocasionando uma desintegração que permanece até que se alcance a estabilidade. Esses átomos instáveis com excesso de energia nuclear denominados radioisótopos, radionuclídeos ou isótopos radioativos, são caracterizados pelo tempo de meia vida, ou período de semidesintegração, que é definido como o tempo necessário para que metade dos átomos de um radionuclídeo se desintegrem (FILHO *et al.*, 2019).

Com o avanço dos estudos acerca da radioatividade, desenvolveu-se um campo de pesquisa denominado medicina nuclear o qual utiliza radioisótopos no diagnóstico e tratamento de doenças, principalmente do câncer. Para realizar o diagnóstico são utilizados radiofármacos que emitem radiações que serão captadas por um aparelho que, acoplado a um computador, formarão imagens que serão posteriormente analisadas. O paciente recebe uma dose intravenosa de glicose com um traçador radioativo que irá se distribuir por todo o corpo, mas estará mais concentrado em células tumorais que serão indicadas por manchas e regiões de brilho mais intenso nas imagens, sendo possível detectar a presença de tumores (FILHO *et al.*, 2019).

Um radiofármaco é uma substância que, por sua forma farmacêutica, quantidade e qualidade de radiação, pode ser utilizada no diagnóstico e tratamento de seres vivos, qualquer que seja a via de administração utilizada. De forma mais simples, podemos dizer que radiofármacos são moléculas ligadas a elementos radioativos (radioisótopos ou radionuclídeos), constituindo dessa forma fármacos radioativos que são utilizados em uma especialidade médica denominada Medicina Nuclear. Os radiofármacos são utilizados em quantidades traços (traçadores radioativos) com a finalidade de diagnosticar patologias e disfunções do organismo. (ARAÚJO, 2005, p. 31)

Elementos químicos que emitem radiação gama ( $\gamma$ ) são utilizados em fármacos, principalmente, no diagnóstico de doenças, uma vez que esse tipo de radiação apresenta baixo poder de ionização e alta penetrabilidade quando comparada às partículas alfa ( $\alpha$ ) e beta ( $\beta$ ), minimizando a dose de radiação absorvida pelo paciente. Quando o intuito é o tratamento de doenças, utilizam-se radiofármacos emissores de radiação  $\alpha$  e  $\beta$  que, por serem altamente energéticas, ionizam o meio em que atravessam e causam efeitos que levam a morte e destruição das células tumorais (ARAÚJO, 2005).

Sabendo que a ionização ocorre quando um átomo ou molécula sofre a perda ou ganho de elétrons, sua ordem de grandeza depende da carga, da velocidade e, conseqüentemente, do tempo de interação entre as partículas e o átomo vizinho. “Isso explica porque, sendo as partículas  $\alpha$  bem mais lentas do que as  $\beta$  e de carga igual ao dobro, são muito mais ionizantes do que estas” (ESTON *et. al*, 1962, p.147).

Com base nesses conhecimentos, em 1949, quando foi nomeada para a cátedra de Química Nuclear na Faculdade de Ciências da Universidade de Strasbourg, Madame Perey decidiu estudar as possíveis aplicações biológicas do Frâncio. Por acreditar que o elemento poderia ser utilizado no diagnóstico e tratamento do câncer devido a emissão de radiação  $\gamma$ ,  $\alpha$  e  $\beta$ , começou a pesquisar, junto com colegas da faculdade de medicina, a ação do radioelemento em células tumorais (ADLOFF, 2011).

O actínio K é solúvel em água, ácidos, amoníaco, carbonato de amônio e em outros álcalis. Ele apresenta, além de uma radiação  $\beta$  que o transforma em actínio X, uma fraca radiação  $\alpha$ . O período de decaimento do actínio K é de 21 minutos. Em razão de sua grande velocidade de desintegração, as propriedades dos seus corpos, do ponto de vista biológico, ainda não o tornam um objeto de investigação. É, portanto, a esse exato problema que nós aplicamos o presente trabalho ao longo do qual nós consideramos a distribuição do actínio K nos tecidos, distribuição essa cujo conhecimento se dá obrigatoriamente limitado pelo curto período do corpo considerado<sup>25</sup>. (PEREY, CHEVALLIER, 1951a, p. 1205)

Para dar início a suas pesquisas acerca da distribuição do Frâncio nos tecidos de ratos e sua possível utilização para diagnósticos, Marguerite Perey preparou uma amostra de actínio K a partir da extração do actínio em um meio contendo terras raras, em particular, o lantânio. A solução foi posta em contato com carbonato de amônio ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) para solubilizar todo o AcK e, para separá-lo do actínio X, foram realizadas repetidas precipitações e centrifugações com carbonato de bário. O excesso de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> foi tratado por ebulição e a solução contendo o elemento químico de interesse foi levada ao pH próximo da neutralidade. Com isso, a solução estava pronta para a injeção nos animais cuja quantidade era da ordem de 10 microCuries<sup>26</sup> (PEREY, CHEVALLIER, 1951a).

Devido ao período de semidesintegração do elemento, o limite de tempo para preparar a solução e injetá-la no animal era compreendido entre 18 e 22 minutos, sendo o tempo zero contado a partir do instante em que o AcK foi separado por centrifugação. Os ratos utilizados como cobaias foram sacrificados em intervalos de 10 a 18 minutos após injeção da solução contendo o radioelemento e as medidas nas amostras de tecidos foram feitas por um contador Geiger-Müller, utilizado para detectar o nível de radiação. Os resultados mostraram que os órgãos excretores concentram maior atividade, principalmente, os rins. Já as glândulas

---

<sup>25</sup> Tradução nossa.

<sup>26</sup> MicroCurie era uma unidade de medida utilizada que equivale, atualmente, a 370 kBq (quilobecquerel), unidade de medida no Sistema Internacional para a atividade de um radionuclídeo.

mamárias e o intestino grosso apresentaram resultados irregulares (PEREY, CHEVALLIER, 1951a).

Se considerarmos a atividade relatada não para uma amostra padrão de diferentes órgãos, mas para todos os órgãos, a hierarquia das atividades é muito bem modificada. Nós obtemos, por ordem de importância, os rins, o fígado e as glândulas salivares. A regularidade das curvas é aumentada se considerarmos os animais de mesmo peso e mesmo sexo, e ela é diminuída se esses fatores variarem<sup>27</sup>. (p. 1207)

Com esses resultados, Marguerite acreditou que era possível, apesar do curto período de vida, avaliar a fixação do actínio K em determinados órgãos ou tecidos e utilizá-lo no diagnóstico de doenças. Motivada por isso, decidiu estudar possíveis modificações na estrutura e metabolismo dos tecidos de ratos contendo sarcomas, um grupo de tumores raros que atingem, geralmente, ossos, músculos, células de gordura, cartilagens, tendões e nervos periféricos. “Para isso, nós somos novamente levados aos ratos, alguns dos quais apresentam o sarcoma na coxa, sarcomas consecutivos à injeção de uma solução oleosa de metilcolantreno<sup>28</sup>” (PEREY, CHAVELLIER, 1951b, p. 1208).

Foram injetadas em ratos com sarcomas em diferentes graus de evolução soluções de actínio K sob as mesmas condições do trabalho relatado acima, sendo eles sacrificados após um período de incubação variando entre 12 e 30 minutos. O tumor era dissecado e colocado sob o tecido muscular de um rato portador saudável, o qual servia como padrão. Em um portador idêntico, eram colocados fragmentos de tecido muscular em contato com o tecido tumoral, predominantemente, no membro que apresentava o sarcoma. Ou seja, a pesquisa estava baseada na comparação das atividades apresentadas pelo tecido muscular de um rato saudável em contato com o tumor dissecado e pelo tecido muscular de um rato já doente em contato com o tecido tumoral (PEREY, CHAVELLIER, 1951b).

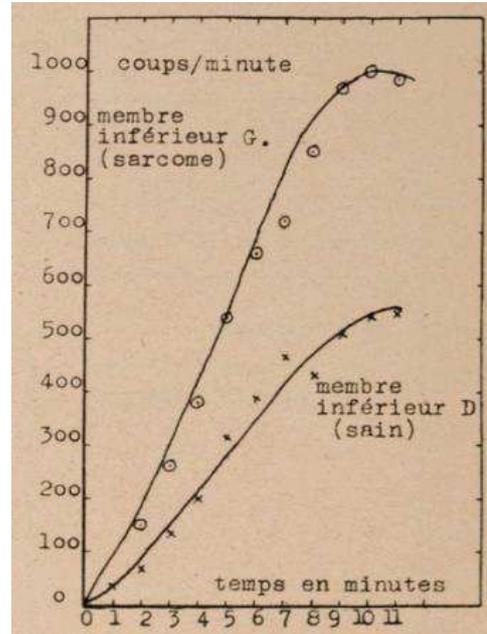
Os resultados indicaram que em todos os casos onde havia um tumor a ser dissecado, a atividade do tecido tumoral era muito mais elevada quando comparada àquela do tecido muscular usado como padrão. Isso mostra que a atividade após a injeção do actínio K torna-se mais evidente em tecidos realmente cancerígenos quando comparados a tecidos considerados apenas suspeitos. A figura 28 mostra a diferença de atividade entre os dois casos, confirmando os resultados citados (PEREY, CHAVELLIER, 1951b).

---

<sup>27</sup> Tradução nossa.

<sup>28</sup> Tradução nossa. Metilcolantreno é um hidrocarboneto aromático policíclico altamente cancerígeno.

Figura 28 - Gráfico que representa a diferença de atividade entre o membro inferior G contendo o sarcoma e o membro inferior D saudável. Os dados são tratados em queda/minuto x tempo em minutos



Fonte: Perey e Chavellier (1951b).

“É então possível distinguir no animal intacto a presença de núcleos sarcomatosos após a injeção de uma quantidade adequada de actínio K” (PEREY, CHAVELLIER, 1951b, p. 1211). Entretanto, a dificuldade em isolar e preparar o Frâncio impediu o desenvolvimento das pesquisas sobre sua possível utilização no tratamento do câncer, acarretando desinteresse por parte de médicos e demais cientistas. Além disso, esse elemento não possui aplicações práticas e é visto como um caso curioso que desperta o interesse daqueles que estudam a periodicidade das propriedades dos elementos químicos (AFONSO, 2012a).

### 3.6 OS TRABALHOS DESENVOLVIDOS POR MARGUERITE PEREY E JEAN-PIERRE ADLOFF: UMA NOVA METODOLOGIA DE SEPARAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DO FRÂNCIO

Após os estudos acerca do possível uso do Frâncio no diagnóstico do câncer, Marguerite passou a se dedicar às pesquisas com seu aluno Jean-Pierre Adloff, desenvolvidas na Universidade de Strasbourg. O principal objetivo desses estudos era determinar uma metodologia mais rápida e eficiente para a separação e isolamento do  $^{223}\text{Fr}$ , obtendo uma amostra mais pura possível. Para isso, os pesquisadores optaram por utilizar o método físico-químico de separação de misturas conhecido por cromatografia em papel, por meio do qual é

possível purificar compostos separando-os de substâncias indesejáveis e identificar analitos através da comparação com padrões existentes (PEREY, ADLOFF, 1953).

Esse método baseia-se na distribuição dos componentes de uma mistura em duas fases imiscíveis, sendo elas a fase móvel e a fase estacionária. Como o próprio nome sugere, a fase móvel irá migrar através da fase estacionária, fazendo com que os componentes se distribuam seletivamente. A cromatografia em papel é um método simples utilizado para pequenas amostras, no qual a água presente na celulose (papel filtro) funciona como fase estacionária e os solventes orgânicos funcionam como fase móvel. A fase móvel se desloca por ação de capilaridade, uma força causada pela tensão superficial que faz com que os líquidos fluam através de corpos porosos (COLLINS, BRAGA, BONATO, 2010).

Essa técnica baseia-se, então, na diferença de solubilidade entre os componentes da amostra e as duas fases imiscíveis. Na fase estacionária, os componentes menos solúveis apresentam movimentação mais rápida ao longo do papel enquanto os mais solúveis ficam retidos, apresentando movimentação mais lenta. Assim, o solvente orgânico que constitui a fase móvel se desloca de uma extremidade a outra do papel e “arrasta” os diferentes componentes da mistura, separando-os pela diferença de velocidade. Assim, a análise é feita utilizando o fator de retenção ( $R_f$ ), o qual é calculado através da distância percorrida pelo analito dividida pela distância percorrida pela fase móvel (SKOOG, 2002).

Os procedimentos realizados por Marguerite e Jean consistiam em preparar, inicialmente, uma amostra purificada de carbonato de lantânio ( $\text{La}_2(\text{CO}_3)_3$ ) e depositá-la, em pequena quantidade, em um papel filtro com 15 cm de comprimento por 1 cm de largura. Esse papel deveria ser mergulhado 2 cm no eluente, o qual era uma solução de carbonato de amônio ( $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ) a 10%, durante 15 minutos. Testes preliminares foram feitos utilizando uma amostra de  $^{134}\text{Cs}$  a qual foi arrastada pelo carbonato de amônio, apresentando um comportamento parecido ao do Frâncio. Por conta desse resultado, esperava-se que a solução de AcK apresentasse um deslocamento de 10 a 12 cm durante o tempo determinado (PEREY, ADLOFF, 1953).

Na primeira tentativa de se realizar a cromatografia, era previsto encontrar somente traços de AcK e AcC (isótopo do bismuto) na amostra de carbonato de lantânio, mas Perey e Adloff observaram também atividades referentes ao AcX e AcB. Devido a isso, realizaram três purificações por precipitação utilizando carbonato de bário e chumbo para eliminá-los. Os resultados da cromatografia indicaram que, assim como o  $^{134}\text{Cs}$ , o AcK é arrastado por  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  e apresenta uma atividade máxima entre 8 e 10 cm de deslocamento, revelando uma queda após 21 minutos. Além disso, foi constatado que, mesmo após as purificações, AcX e

AcB estavam presentes na amostra, mas sofreram pouco ou nenhum deslocamento. A partir disso, os cientistas confirmaram uma proporção de 0,2% de AcX em AcK, o que demonstra considerável grau de pureza, ainda que todo o processo tenha tido duração de 42 minutos (PEREY, ADLOFF, 1953).

Com o intuito de reduzir o tempo de todo o processo, M. Perey e J. Adloff optaram por uma nova tentativa na qual realizaram apenas duas purificações por precipitação. Para isso, utilizaram a mesma amostra citada acima e, após duas precipitações com carbonato de bário e chumbo, o produto obtido apresentou maior quantidade de AcX, AcB e AcC. No entanto, as atividades radioativas foram identificadas de forma mais clara e limpa, estando o AcK bem separado de todos os outros derivados, principalmente, do AcC que seguia o radioelemento e apresentava uma atividade muito semelhante. Todo o procedimento teve duração de 33 minutos e apresentou 0,4% de AcX em AcK, mostrando um grau de pureza menor em relação à primeira tentativa (PEREY, ADLOFF, 1953).

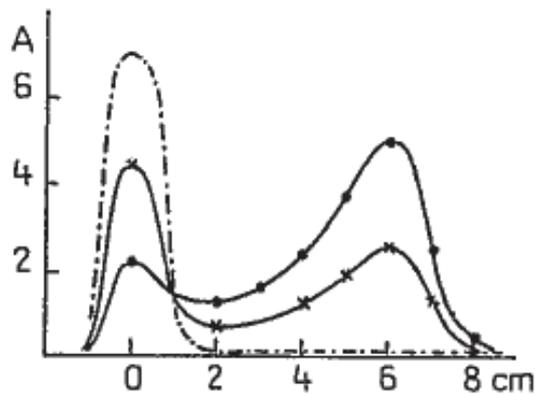
Pela diferença na solubilidade dos derivados de actínio no carbonato de amônio, é possível por cromatografia em papel separar AcK de AcX e AcB, enquanto o AcC acompanha o AcK muito de perto. Ao eliminar quimicamente o AcC ou enquanto espera sua destruição, é possível obter AcK puro. Este método não economiza tempo em comparação com o método convencional, por outro lado, produz mais facilmente um produto de alta pureza, tanto do ponto de vista radioativo quanto químico. (p. 1165)

Com o intuito de obter resultados ainda melhores, no ano seguinte, Perey e Adloff decidiram utilizar novamente o método da cromatografia em papel sob as mesmas condições citadas acima para obter uma amostra pura de AcK. Entretanto, diferentemente da primeira tentativa onde foi preciso eliminar todos os derivados, dessa vez era necessário isolar somente o actínio do actínio K. Para isso, nesse processo foi utilizada uma amostra de um sal de lantânio de composição não mencionada purificado por métodos comuns, como a eliminação repetida de RAc, AcX e deposição ativa. Dessa vez, testes preliminares foram feitos com  $^{227}\text{Ac}$  e  $^{137}\text{Cs}$  que mostraram que os dois elementos se separam quantitativamente, o que tornaria possível a identificação do frâncio (PEREY, ADLOFF, 1954).

Após a última purificação, a cromatografia foi iniciada, sendo o AcK arrastado pelo eluente  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  a 10%. No momento da primeira medição, o papel filtro apresentou dois máximos de atividade, um localizado na posição inicial (0 cm) referente ao Ac, e outro na posição 6 cm referente ao AcK. Cabe ressaltar ainda que a zona localizada entre os dois máximos, como mostra a imagem abaixo, corresponde ao arrastamento do Frâncio formado durante a cromatografia. Foi possível observar uma queda na atividade do radioelemento após

um período de 21 minutos, o que confirma sua presença. Já após 2 horas do fim da análise, a única atividade detectável era aquela referente ao actínio (PEREY, ADLOFF, 1954).

Figura 29 - Gráfico que representa a atividade dos radioelementos durante a cromatografia em papel. De baixo para cima, a curva pontilhada representa a medição após 2 horas do fim da cromatografia, a curva com traços representa a atividade após 21 minutos do início do início e a curva com bolas, a primeira medição após o fim da purificação e o início da cromatografia. Os eixos são referentes a queda da atividade por minuto x deslocamento em cm observado no papel filtro



Fonte: Perey, Adloff (1954).

Ao analisar cuidadosamente a atividade referente aos dois máximos detectados durante todo o processo, Madame Perey e Jean Adloff perceberam que a atividade do Ac na posição zero aumentou ao longo da cromatografia, enquanto a atividade do Frâncio diminuiu após um período de 21 minutos desde o início do processo. Essa diminuição indica a presença do radioelemento, uma vez que sua atividade passou a decair em um tempo que equivale a seu período de semidesintegração. Além disso, essa queda ocorreu até um valor constante, representado pelo platô, o qual está relacionado ao equilíbrio entre a formação e a eluição do elemento (PEREY, ADLOFF, 1954). Com isso, puderam constatar que,

Do ponto de vista prático, para obter o frâncio puro, basta realizar uma cromatografia por 10 min de um produto actínífero em equilíbrio com o frâncio. O frâncio é extraído do fundo do papel por imersão em água. Uma fonte contínua do elemento pode ser obtida mantendo-se a cromatografia, cujo valor corresponde ao do platô. (p. 1391)

Após a determinação de um método mais rápido para isolar o Frâncio sem que fosse necessário um tempo de espera de 3 meses para o estabelecimento do equilíbrio radioativo entre seus derivados, Marguerite abandonou os trabalhos em laboratório. Isso porque, assim que se instalou em Strasbourg, começou a sentir os primeiros efeitos causados por anos de exposição

radioativa, os quais vieram a piorar com o tempo. Enquanto isso, Jean Adloff permaneceu na Universidade de Strasbourg e deu continuidade aos estudos de sua mentora a respeito do frâncio e, em janeiro de 1955, publicou uma nota acerca da evolução da atividade alfa do radioelemento, atribuindo para sua energia o valor de  $5,34 \pm 0,08$  MeV (ADLOFF, 1995).

Assim estabeleceu-se a descoberta e caracterização do último radioelemento natural, de número atômico 87, massa atômica 223 u, localizado no sétimo período e no grupo dos metais alcalinos na tabela periódica.

## 5 O FRÂNCIO, A TABELA PERIÓDICA E O ENSINO DE QUÍMICA

### 5.1 UM BREVE HISTÓRICO DA TABELA PERIÓDICA

O ano de 2019, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), foi considerado o Ano Internacional da Tabela Periódica com o intuito de aumentar a consciência global e a educação em Ciências básicas. Através dessa ferramenta é possível prever as características e propriedades da matéria da Terra e do Universo, além de fornecer soluções para desafios que envolvam energia, astronomia, biologia, física, educação, saúde, agricultura, dentre outras áreas. Nos últimos 100 anos, houve um grande desenvolvimento na área da Ciência e, pela primeira vez, foi possível completar a Tabela Periódica (TP) com a descoberta de todos os elementos dos 7 períodos que a compõem. No entanto, como se sabe, nem sempre foi assim (LEITE, 2019).

Durante os séculos XVII a XIX, a Europa foi marcada por um relevante desenvolvimento na Ciência caracterizado pela tendência em estabelecer um sistema de classificação para os materiais que vinham sendo estudados. Tem-se como exemplo Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794) que, em 1787, publicou o livro *Méthode de Nomenclature Chimique* no qual sistematizou a nomenclatura química. Dois anos mais tarde, ele publicou o *Traité Élémentaire de Chimie* no qual classificou os elementos químicos conhecidos em quatro grupos. Lavoisier dividiu os 33 elementos, ou substâncias simples como ele os chamava, em: elementos dos corpos não metais, metais e terrosos, sendo essa julgada a primeira tentativa de organizar os elementos químicos (TOLENTINO, ROCHA-FILHO, CHAGAS, 1997).

Figura 30 - A Tabela Periódica dos 33 elementos de Lavoisier

192 DES SUBSTANCES SIMPLES.  
TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.

	Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.
	Lumière.....	Lumière. Chaleur.
	Calorique.....	Principe de la chaleur. Fluide igné. Feu.
Substances simples qui appartiennent aux trois règnes & qu'on peut regarder comme les élémens des corps.	Oxygène.....	Matière du feu & de la chaleur. Air déphlogistiqué. Air empiréal. Air vital.
	Azote.....	Base de l'air vital. Gaz phlogistiqué. Mofete. Base de la mofete.
	Hydrogène.....	Gaz inflammable. Base du gaz inflammable.
Substances simples non métalliques oxidables & acidifiables.	Soufre.....	Soufre.
	Phosphore.....	Phosphore.
	Carbone.....	Charbon pur.
	Radical muriatique.....	Inconnu.
	Radical boracique.....	Inconnu.
	Antimoine.....	Antimoine.
	Argent.....	Argent.
Substances simples métalliques oxidables & acidifiables.	Arsenic.....	Arsenic.
	Bismuth.....	Bismuth.
	Cobalt.....	Cobalt.
	Cuivre.....	Cuivre.
	Etain.....	Etain.
	Fer.....	Fer.
	Manganèse.....	Manganèse.
	Mercur.....	Mercur.
	Molybdène.....	Molybdène.
	Nickel.....	Nickel.
Substances simples solubles terreuses.	Or.....	Or.
	Platine.....	Platine.
	Plomb.....	Plomb.
	Tungstène.....	Tungstène.
	Zinc.....	Zinc.
	Chaux.....	Terre calcaire, chaux.
	Magnésie.....	Magnésie, base du sel d'Épsem.
Baryte.....	Baryte, terre pesante.	
Alumine.....	Argile, terre de l'alun, base de l'alun.	
Silice.....	Terre siliceuse, terre vitrifiable.	

Fonte: Lima *et al* (2019).

Com o estabelecimento da teoria atômica surgiram as primeiras ideias a respeito de uma possível relação entre peso atômico e as propriedades das substâncias. Em 1829, o químico Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849) observou curiosas relações numéricas entre os pesos atômicos dos 63 elementos químicos descobertos na época e suas propriedades. Ele notou que, ao agrupar os elementos em sequências de três, as propriedades se repetiam e o peso atômico do elemento central era, aproximadamente, igual a média do peso dos outros dois, propondo assim a Lei das Tríades. A primeira tríade estabelecida por Döbereiner era composta pelos elementos químicos cálcio, estrôncio e bário e, com o passar dos anos, novas tríades foram sendo determinadas como, por exemplo, cloro, bromo e iodo; enxofre, selênio e telúrio; manganês, ferro e cobalto, dentre outras (LIMA *et al*, 2015; GONZÁLEZ, BADILLO, MIRANDA, 2007).

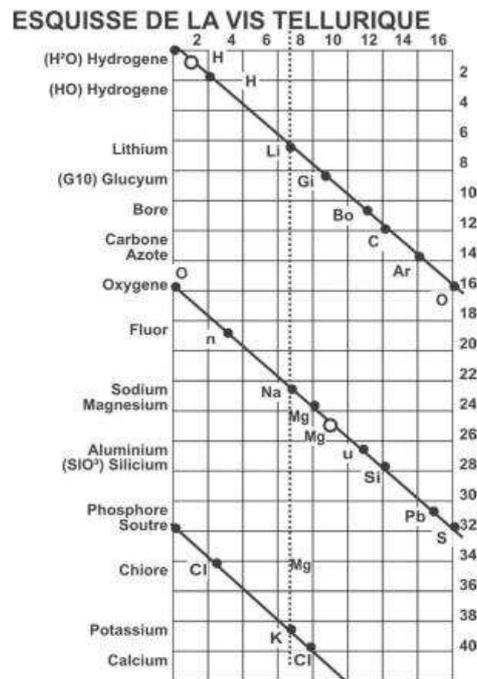
Muitos cientistas tentaram determinar uma explicação para essa lei, entretanto, não encontraram nenhuma conclusão aceitável. Um dos motivos para isso estava relacionado à confusão entre os termos “peso atômico” e “peso equivalente”, sendo o primeiro termo referente à massa atômica da substância e o segundo à massa molar dividida por sua valência. Ainda assim, os trabalhos de Döbereiner incentivaram outros cientistas a darem continuidade ao estudo das tríades, como foi o caso de Leopold Gmelin (1788-1853) que em seu livro *Handbuch*

*der Theoretischen Chemie*, publicado em 1817, propôs novas tríades como a do magnésio, cálcio e bário (TOLENTINO, ROCHA-FILHO, CHAGAS, 1997).

Na primeira metade do século XIX, tornou-se ainda mais forte o debate a respeito da relação entre peso atômico e peso equivalente e, para tentar solucionar essa polêmica, no ano de 1860 foi realizado o primeiro congresso científico internacional de Química, na Alemanha. O Congresso de Karlsruhe abriu as portas para a ideia de que o peso atômico era a característica fundamental do átomo, estando todas as outras propriedades dos elementos ligadas diretamente a ele. Com isso, após a realização do congresso, novas pesquisas acerca da possível relação entre peso atômico (ou massa atômica) e propriedades dos átomos foram sendo impulsionadas (GONZÁLEZ, BADILLO, MIRANDA, 2007).

A primeira tentativa de organizar os elementos químicos em ordem crescente de massa atômica ocorreu em 1862 com Alexandre Émile Béguyer de Chancourtois (1820-1886). O geólogo francês distribuiu os elementos conhecidos em uma espiral cilíndrica em ordem crescente de massa atômica e notou que as propriedades químicas ao longo do eixo vertical se repetiam, sendo essa tentativa conhecida como o Parafuso Telúrico de Chancourtois (BRUDNA, LOPES, 2019).

Figura 31 - Parafuso Telúrico proposto por Chancourtois



Fonte: Lima *et al* (2019).

Dois anos mais tarde, John Alexander Reina Newlands (1837-1898) propôs a Lei das Oitavas afirmando que, a cada sete substâncias, as propriedades do primeiro elemento eram semelhantes às do oitavo, estando os elementos organizados em ordem crescente de peso atômico. Entretanto, a comparação entre as ideias de Newlands e as escalas musicais acabou ridicularizando a Lei das Oitavas no meio científico (OLIVEIRA *et al*, 2015).

Figura 32 - A Tabela das Oitavas de Newlands publicada em 1865

No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.
H 1	F 8	Cl 15	Co & Ni 22	Br 29	Pd 36	I 42	Pt & Ir 50		
Li 2	Na 9	K 16	Cu 23	Rb 30	Ag 37	Cs 44	Tl 53		
G 3	Mg 10	Ca 17	Zn 25	Sr 31	Cd* 38	Ba & V 45	Pb 54		
Bo 4	Al 11	Cr 19	Y 24	Ce & La 33	U 40	Ta 46	Th 56		
C 5	Si 12	Ti 18	In 24	Zr 32	Sn 39	W 47	Hg 52		
N 6	P 13	Mn 20	As 27	Di & Mo 34	Sb 41	Nb 48	Bi 55		
O 7	S 14	Fe 21	Se 28	Ro & Ru 35	Te 43	Au 49	Os 51		

Fonte: Lima *et al* (2019).

Em 1864, William Odling (1829-1921) estabeleceu uma das mais curiosas tentativas de classificação dos elementos ao uni-los em grupos com propriedades análogas, seguindo a ordem crescente de massa atômica. O químico britânico levou em consideração as propriedades não só dos elementos químicos, mas também de seus compostos como, por exemplo, a capacidade calorífica e a periodicidade dos volumes atômicos. Entretanto, encontrou dificuldades para organizar alguns elementos. Seguindo essa ideia, Julius Lothar Meyer (1830-1895) dispôs, em 1868, os elementos em ordem crescente de peso atômico, organizando aqueles de mesma valência em linhas verticais. Em sua segunda tentativa, organizou uma tabela que ainda seguia a ordem crescente de massa atômica, estando localizados nas colunas verticais elementos de propriedades semelhantes (LUCA *et al*, 2015).

Figura 33 - A Tabela Periódica de Meyer publicada em 1869

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	Al 27.3	Al 27.3	—	—	—	C 12.0
—	—	$\frac{28.7}{2} = 14.3$	—	—	—	—	16.5
—	—	—	—	—	—	—	Si 28.5
—	—	—	—	—	—	—	$\frac{89.1}{2} = 44.55$
Cr 52.6	Mn 55.1	Fe 56.0	Co 58.7	Ni 58.7	Cu 63.5	Zn 65.0	—
—	49.2	48.3	47.3	—	44.4	46.9	$\frac{89.1}{2} = 44.55$
—	Ru 104.3	Rh 104.3	Pd 106.0	—	Ag 107.94	Cd 111.9	Sn 117.6
—	$92.8 \quad 2 \times 46.4$	$92.8 = 2 \times 46.4$	$93 = 2 \times 46.5$	—	$88.8 \quad 2 \times 44.4$	$88.3 \quad 2 \times 44.15$	$89.4 \quad 2 \times 44.7$
—	Pt 197.1	Ir 197.1	Os 199.0	—	Au 196.7	Hg 200.2	Pb 207
IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
—	—	—	—	—	—	—	—
N 14.04	O 16	Fl 19.0	Li 7.03	Be 9.3	—	—	—
16.98	18.97	16.46	Na 23.05	14.7	—	—	—
P 31.0	S 32.07	Cl 35.46	16.98	Mg 24.0	—	—	—
44.0	40.7	44.51	K 39.13	16	—	—	—
As 75.0	Se 78.8	Br 79.97	40.3	Ca 40.0	Ti 48.0	Mo 92	—
45.0	49.5	48.8	Rb 85.4	47.6	42.0	45	—
Sb 120.6	Te 128.3	I 126.8	47.5	Sr 87.6	Zr 90.0	V 137	—
$87.4 = 2 \times 43.7$	—	—	Cs 133.0	49.5	47	47	—
Bi 208	—	—	Ba 137.1	71 = 2 × 35.5	Ta 137.6	W 184	—
—	—	—	? Tl 204.1	—	—	—	—

Fonte: Lima *et al* (2019).

Contudo, ninguém chegou tão longe quanto Dmitri Ivanovic Mendeleev (1834-1907) em 1869 quando organizou os 63 elementos de acordo com a semelhança de suas propriedades químicas/físicas e ordem crescente de massa atômica, como mostra a figura 34. Além da regra de periodicidade, ele previu a existência de elementos que ainda não haviam sido descobertos ao deixar espaços vazios na organização da TP. Isso permitiu também prever as propriedades que estariam relacionadas aos futuros elementos devido a suas localizações e propriedades associadas a elementos vizinhos (OLIVEIRA *et al*, 2015; GONZÁLEZ, BADILLO, MIRANDA, 2007).

“Na construção de sua classificação periódica, Mendeleev não apenas sistematizou e organizou dados, mas também reformulou, desdobrou, elaborou conceitos e relações fundamentais na Química” (TOLENTINO, ROCHA-FILHO, CHAGAS, 1997, p. 108).

Figura 34 - Tabela original de Mendeleev publicada na Rússia em 1869

**ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.**  
ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

			Ti=50	Zr=90	?=180.
			V=51	Nb=94	Ta=182.
			Cr=52	Mo=96	W=186.
			Mn=55	Rh=104,4	Pt=197,4
			Fe=56	Ru=104,4	Ir=198.
			Ni=Co=59	Pd=106,6	Os=199.
H=1			Cu=63,4	Ag=108	Hg=200.
Be=9,4	Mg=24	Zn=65,2	Cd=112		
B=11	Al=27,4	?=68	Ur=116	Au=197?	
C=12	Si=28	?=70	Su=118		
N=14	P=31	As=75	Sb=122	Bi=210?	
O=16	S=32	Se=79,4	Te=128?		
F=19	Cl=35,5	Br=80	I=127		
Li=7	Na=23	K=39	Rb=85,4	Cs=133	Tl=204.
		Ca=40	Sr=87,6	Ba=137	Pb=207.
		?=45	Ce=92		
		?Er=56	La=94		
		?Yt=60	Di=95		
		?In=75,6	Th=118?		

Fonte: LIMA *et al* (2019).

Após a publicação da TP de Mendeleev, os elementos previstos por ele foram sendo descobertos como, por exemplo, o gálio (1875), o escândio (1879) e o germânio (1886). Em 1894, William Ramsay (1852-1916) e John William Strutt Rayleigh (1842-1919) descobriram os gases nobres, o que ampliou a tabela introduzindo uma coluna adicional, denominada coluna 0 ou dos gases nobres. Em 1902, uma nova organização foi apresentada na qual, pela primeira

vez, os lantanídeos (parte das terras raras conhecidas) apareceram agrupados em um bloco separado do corpo principal. Além disso, o século XX foi marcado pelo fenômeno da radioatividade que corroborou na descoberta de outros elementos, tornando a tabela de Mendeleev cada vez mais semelhante à organização atual (BRUDNA, LOPES, 2019).

Entretanto, a TP ainda apresentava alguns inconvenientes, uma vez que era organizada seguindo a ordem crescente de peso atômico. Em 1913, Henry Gwyn Jeffreys Moseley (1887-1915) realizou um experimento em que bombardeou uma série de elementos com elétrons de alta energia, produzindo emissão de raios-X. Com isso, estabeleceu um gráfico relacionando a sequência dos elementos dispostos na tabela com a frequência dos raios-X emitidos que, por depender do átomo envolvido, variava a cada elemento. Assim, H. Moseley desenvolveu o conceito de número atômico e estabeleceu a Lei Periódica que afirma que as propriedades físicas e químicas dos elementos são funções periódicas de seus números atômicos (LUCA *et al*, 2019).

(...) a sequência dos elementos na Tabela Periódica é uma propriedade muito mais fundamental que sua massa. Moseley chamou a sequência obtida de números atômicos. Com a descoberta de Moseley, os elementos passaram a ser descritos na ordem de seus números atômicos, e não de seus pesos atômicos. Assim foram eliminadas as incongruências da Tabela de Mendeleev. (LIMA *et al*, 2019, p. 1139)

Com isso, no início do século XX ficou estabelecido que o princípio mais adequado para organizar os elementos na Tabela Periódica era a ordem crescente de número atômico, ou seja, o número de prótons presentes no núcleo de cada átomo.

Atualmente, os 118 elementos químicos descobertos estão dispostos no modelo proposto por Mendeleev e aprimorado por Moseley contendo 7 períodos, 18 grupos, seguindo a Lei de Periodicidade e semelhança das propriedades. Além disso, os elementos estão classificados em: metais alcalinos, metais alcalinos terrosos, metais de transição, calcogênios, halogênios, gases nobres, lantanídeos, actinídeos e transactinídeos. Essa organização nos permite criar relações entre as propriedades químicas e físicas das substâncias, ajudando, assim, no desenvolvimento da ciência (OLIVEIRA *et al*, 2015).

Figura 35 - Tabela Periódica dos Elementos

IUPAC Periodic Table of the Elements

IUPAC Periodic Table of the Elements																													
1 <b>H</b> Hydrogen 1.00794(7)																	2 <b>He</b> Helium 4.002602												
3 <b>Li</b> Lithium 6.941	4 <b>Be</b> Beryllium 9.0122	Key: atomic number Symbol Name Standard atomic weight standard atomic weight										13 <b>B</b> Boron 10.811	14 <b>C</b> Carbon 12.011	15 <b>N</b> Nitrogen 14.007	16 <b>O</b> Oxygen 15.999	17 <b>F</b> Fluorine 18.998	18 <b>Ne</b> Neon 20.180												
11 <b>Na</b> Sodium 22.990	12 <b>Mg</b> Magnesium 24.305											19 <b>K</b> Potassium 39.098	20 <b>Ca</b> Calcium 40.078	21 <b>Sc</b> Scandium 44.956	22 <b>Ti</b> Titanium 47.887	23 <b>V</b> Vanadium 50.942	24 <b>Cr</b> Chromium 51.996	25 <b>Mn</b> Manganese 54.938	26 <b>Fe</b> Iron 55.845	27 <b>Co</b> Cobalt 58.933	28 <b>Ni</b> Nickel 58.693	29 <b>Cu</b> Copper 63.546	30 <b>Zn</b> Zinc 65.38	31 <b>Ga</b> Gallium 69.723	32 <b>Ge</b> Germanium 72.630	33 <b>As</b> Arsenic 74.922	34 <b>Se</b> Selenium 78.971	35 <b>Br</b> Bromine 79.904	36 <b>Kr</b> Krypton 83.796
37 <b>Rb</b> Rubidium 85.468	38 <b>Sr</b> Strontium 87.62	39 <b>Y</b> Yttrium 88.906	40 <b>Zr</b> Zirconium 91.224	41 <b>Nb</b> Niobium 92.906	42 <b>Mo</b> Molybdenum 95.94	43 <b>Tc</b> Technetium 98.906	44 <b>Ru</b> Ruthenium 101.07	45 <b>Rh</b> Rhodium 102.91	46 <b>Pd</b> Palladium 106.42	47 <b>Ag</b> Silver 107.87	48 <b>Cd</b> Cadmium 112.41	49 <b>In</b> Indium 114.82	50 <b>Sn</b> Tin 118.71	51 <b>Sb</b> Antimony 121.76	52 <b>Te</b> Tellurium 127.603	53 <b>I</b> Iodine 126.905	54 <b>Xe</b> Xenon 131.29												
55 <b>Cs</b> Cesium 132.91	56 <b>Ba</b> Barium 137.33	57-71 <b>Lanthanoids</b>	72 <b>Hf</b> Hafnium 178.49	73 <b>Ta</b> Tantalum 180.95	74 <b>W</b> Tungsten 183.84	75 <b>Re</b> Rhenium 186.21	76 <b>Os</b> Osmium 190.23	77 <b>Ir</b> Iridium 192.22	78 <b>Pt</b> Platinum 195.08	79 <b>Au</b> Gold 196.97	80 <b>Hg</b> Mercury 200.59	81 <b>Tl</b> Thallium 204.38	82 <b>Pb</b> Lead 207.2	83 <b>Bi</b> Bismuth 208.98	84 <b>Po</b> Polonium [209]	85 <b>At</b> Astatine [210]	86 <b>Rn</b> Radon [222]												
87 <b>Fr</b> Francium [223]	88 <b>Ra</b> Radium [226]	89-103 <b>Actinoids</b>	104 <b>Rf</b> Rutherfordium [261]	105 <b>Db</b> Dubnium [262]	106 <b>Sg</b> Seaborgium [263]	107 <b>Bh</b> Bohrium [264]	108 <b>Hs</b> Hassium [265]	109 <b>Mt</b> Meitnerium [266]	110 <b>Ds</b> Darmstadtium [267]	111 <b>Rg</b> Roentgenium [268]	112 <b>Cn</b> Copernicium [269]	113 <b>Nh</b> Nihonium [270]	114 <b>Fl</b> Flerovium [271]	115 <b>Mc</b> Moscovium [272]	116 <b>Lv</b> Livermorium [273]	117 <b>Ts</b> Tennessine [274]	118 <b>Og</b> Oganesson [276]												



57 <b>La</b> Lanthanum 138.91	58 <b>Ce</b> Cerium 140.12	59 <b>Pr</b> Praseodymium 140.91	60 <b>Nd</b> Neodymium 144.24	61 <b>Pm</b> Promethium [145]	62 <b>Sm</b> Samarium 150.36	63 <b>Eu</b> Europium 151.96	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25	65 <b>Tb</b> Terbium 158.93	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.50	67 <b>Ho</b> Holmium 164.93	68 <b>Er</b> Erbium 167.26	69 <b>Tm</b> Thulium 168.93	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.05	71 <b>Lu</b> Lutetium 174.97
89 <b>Ac</b> Actinium [227]	90 <b>Th</b> Thorium 232.04	91 <b>Pa</b> Protactinium 231.04	92 <b>U</b> Uranium 238.03	93 <b>Np</b> Neptunium [237]	94 <b>Pu</b> Plutonium [244]	95 <b>Am</b> Americium [243]	96 <b>Cm</b> Curium [247]	97 <b>Bk</b> Berkelium [247]	98 <b>Cf</b> Californium [251]	99 <b>Es</b> Einsteinium [252]	100 <b>Fm</b> Fermium [257]	101 <b>Md</b> Mendelevium [258]	102 <b>No</b> Nobelium [259]	103 <b>Lr</b> Lawrencium [260]

Fonte: IUPAC (2021).

## 5.2 A LOCALIZAÇÃO DO FRÂNCIO NA TABELA PERIÓDICA E OS METAIS ALCALINOS

Como podemos observar, o elemento químico descoberto por Marguerite Perey em 1939 localiza-se no sétimo período e no grupo dos metais alcalinos, também conhecido por grupo 1A. Todos os elementos pertencentes a esse grupo apresentam um elétron em seu orbital atômico mais externo, o orbital s. Esses elementos são tipicamente moles, altamente reativos, univalentes (apresentam uma única valência) e formam compostos iônicos incolores (devido a seus baixos valores de eletronegatividade). O menor átomo deste grupo é o lítio, sendo o frâncio o maior (LEE, 1971).

De maneira geral, os metais alcalinos são grandes fazendo com que os elétrons fiquem mais afastados do núcleo e sejam menos fortemente atraídos, apresentando baixa densidade e diminuição no potencial de ionização. Os elementos do grupo 1A são muito reativos, perdem o brilho ao serem expostos ao ar e reagem com a água espontaneamente e a frio, liberando hidrogênio e formando hidróxidos que são extremamente fortes. Os metais alcalinos formam óxidos quando queimados ao ar: o lítio forma monóxido, o sódio forma peróxido e os demais elementos formam superóxidos de fórmula  $MO_2$  (LEE, 1971).

O elemento químico Frâncio possui número atômico igual a 87 unidades de massa atômica (u.), massa molar de 223,02 g/mol, densidade estimada de 2,5 g/cm<sup>3</sup> e pontos de fusão

e ebulição estimados de 22°C e 665°C, respectivamente. Este elemento possui 41 isótopos extremamente instáveis, sendo  $^{223}\text{Fr}$  e  $^{212}\text{Fr}$  os de meia-vida mais longa, 22,1 minutos e 21,2 minutos, respectivamente. Seu número de oxidação é invariavelmente +1. Estima-se que exista cerca de 30g deste elemento na crosta terrestre, sendo o mais raro na natureza, depois do astato (AFONSO, 2012a).

Com tremenda instabilidade atômica, não é possível obter depósitos visíveis e pesáveis de compostos de Frâncio. Suas propriedades físicas só podem ser estimadas por extrapolação a partir dos dados dos demais metais alcalinos. Se um dia se conseguir obter Frâncio metálico visível, ele estará no estado líquido devido ao calor liberado durante sua desintegração radioativa. (p. 44)

O Frâncio ainda é objeto de muito estudo e pesquisa científica, uma vez que além de possuir o maior diâmetro dentre todos os átomos e ter apenas um elétron externo, é extremamente raro em sua forma natural. Por conta disso, este elemento é utilizado para sondar os detalhes das teorias atômicas mais atuais, compreender as constantes fracas de acoplamento entre elétron e núcleo (GOMEZ, OROZCO, SPROUSE, 2005), estudar a estrutura hiperfina e o decaimento radioativo dos isótopos do Frâncio deficientes de nêutrons  $^{202-206}\text{Fr}$  (LYNCH *et al*, 2018). Mas ainda não possui aplicação útil (principalmente na Medicina) como os outros elementos radioativos.

### 5.3 AS MULHERES QUE CONTRIBUÍRAM PARA A CONSTRUÇÃO DA TABELA PERIÓDICA

Conforme mencionado ao longo deste trabalho, foram necessários anos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico e científico até que a Tabela Periódica (TP) se apresentasse como no modelo atual. Em 1869, Mendeleev propôs uma organização dos 63 elementos químicos conhecidos e previu a existência de outros que foram descobertos mais tarde. Cabe ressaltar que, assim como Marguerite Perey, outras mulheres cientistas contribuíram para o isolamento e caracterização de elementos químicos, sendo de extrema importância enfatizar tais contribuições para a história da Química e da TP, como trataremos a seguir.

No ano de 1875, após analisar uma amostra de minério de ferro contendo o elemento químico vanádio, Ellen Swallon Richards (1842-1911) publicou um artigo referente às características das pepitas analisadas, onde identificou a presença de ferro, urânio e ítrio. Além desses elementos, Richards identificou um material com propriedades e características distintas, possivelmente contendo elementos até então desconhecidos (RICHARDS, 1936). Quatro anos

mais tarde, Jean Charles Galissard de Marignac (1817-1894) identificou a substância desconhecida como sendo o elemento de número atômico 62, o samário (Sm) e, um ano mais tarde, durante a análise das amostras de Richards, descobriu o gadolínio (Gd), de número atômico 64. Embora Ellen tenha encerrado suas pesquisas antes mesmo da descoberta dos dois elementos químicos, ela inspirou esses trabalhos, uma vez que foram realizados com base na amostra de minérios obtida por ela. No entanto, nunca recebeu o devido reconhecimento pelo fato (CHARBONNEAU, RICE, 2019).

Conforme já mencionamos, o século XX foi marcado pelo desenvolvimento dos raios-X e da radioatividade e tais avanços científicos auxiliaram nas pesquisas de Marie Curie. Em 1898, ela e seu companheiro, Pierre Curie, divulgaram a descoberta de dois elementos químicos: o polônio e o rádio (CURIE M., CURIE P., 1898). O polônio apresenta número atômico igual a 84, encontra-se no sexto período da tabela periódica e no grupo 16; já o rádio apresenta número atômico igual a 88, localiza-se no sétimo período e no grupo dos metais alcalinos terrosos. Dessa forma, Marie é uma das mulheres que contribuiu para o desenvolvimento da TP, assim como Ellen Richards.

Três anos mais tarde o radônio, um gás nobre radioativo natural de número atômico 86, localizado no sexto período da tabela periódica, foi identificado por Ernest Rutherford (1871-1937) e Harriet Brooks (1876-1933). Brooks foi a primeira física nuclear canadense a desenvolver pesquisas sobre transmutações nucleares e radioatividade, além de ter sido a primeira mulher a obter o título de mestre na *University McGill*. O radônio foi identificado durante um experimento em que Brooks e Rutherford tentavam isolar e determinar a massa molar do gás radioativo liberado pelo rádio. No entanto, somente em 1910 William Ramsay (1852-1916) e Robert Whytlaw-Gray (1887-1958) o isolaram em quantidades visíveis, o que não anula a contribuição da cientista Harriet para o desenvolvimento da TP (SILVA, 2016).

Outra importante cientista ligada à descoberta dos elementos químicos é Lise Meitner (1878-1968), uma física austríaca que, após obter o doutorado, em 1906, começou a trabalhar com Otto Hahn (1879-1968) a respeito das propriedades químicas e físicas das substâncias radioativas. Em 1918, enquanto estudavam e processavam a pechblenda, Meitner e Otto descobriram um novo elemento químico que apresentava propriedades semelhantes às do tântalo (SIME, 1989). “Hahn e Meitner o denominaram protoactínio (do grego *protos* + *aktis*, precursor do actínio). Essa descoberta corresponde ao isótopo  $^{231}\text{Pa}$ , pertencente à série do decaimento do  $^{235}\text{U}$ ” (AFONSO, 2012b, p. 101).

Sete anos mais tarde, em 1925, Ida Tacke Noddack (1896-1978), seu marido Walter Noddack (1893-1960) e Otto Berg (1873-1939) anunciaram a descoberta dos elementos de

número atômico 43 e 75, atualmente conhecidos como tecnécio (Tc) e rênio (Re). Entretanto, o clima de ceticismo dominou a comunidade científica, principalmente, porque o grupo nunca apresentou evidências a respeito do Tc, sendo este elemento produzido artificialmente por dois cientistas somente 12 anos depois. A química e física alemã foi também a primeira a mencionar a ideia de fissão nuclear no ano de 1934, mesmo não utilizando esse termo (SILVA, 2019). Em suas próprias palavras:

“Pode-se assumir igualmente bem que, quando nêutrons são usados para produzir desintegrações nucleares, ocorram algumas reações nucleares distintamente novas que não tenham sido observadas previamente por meio de bombardeamentos de núcleos atômicos com prótons ou partículas-alfa. No passado, descobriu-se que a transmutação dos núcleos apenas acontece com a emissão de elétrons, prótons ou núcleos de hélio, fazendo com que os elementos pesados passem por pequenas mudanças de massa, produzindo elementos vizinhos. Quando átomos pesados são bombardeados com nêutrons, é concebível que o núcleo quebre em vários grandes fragmentos, que seriam isótopos de elementos conhecidos, mas não vizinhos dos elementos irradiados, logicamente”. (NODDACK, 1934, *apud* CORDEIRO e FERREIRA, 2017)

Vale ressaltar que, assim como Ida, Lise Meitner também apresentou ideias a respeito da fissão nuclear. Em 1934 Enrico Fermi (1901-1954) produziu pela primeira vez isótopos radioativos pelo bombardeamento de núcleos utilizando nêutrons, o que incentivou Meitner a mudar sua pesquisa para a busca de possíveis elementos transurânicos (aqueles que apresentam número atômico superior a 92), convencendo Fritz Straßmann (1902-1980) e Otto a trabalharem com ela. Tais estudos culminaram, em 1938, na teoria da fissão nuclear, rendendo um artigo na revista científica interdisciplinar britânica *Nature*, tendo somente Otto e Fritz como autores, excluindo as contribuições de Lise (SIME, 1989).

Essa falta de reconhecimento, atrelada a questões de gênero e ao fato de ser uma judia austríaca na Alemanha nazista, contribuíram para a falta de divulgação científica dos trabalhos de Lise. No ano de 1944, por exemplo, Otto foi homenageado com o Prêmio Nobel de Química, mas não citou as contribuições de Meitner, desprezando sua participação, embora correspondências trocadas entre os dois cientistas comprovem a parceria. Anos depois, em 1982, a comunidade científica decidiu homenageá-la ao nomear o elemento químico de número atômico 109 de Meitnério (Mt), um metal de transição localizado no sétimo período (LIMA, 2019).

Em 1939, a física francesa Yvette Cauchois (1908-1999) e Horia Hulubei (1896-1972) analisaram uma amostra de radônio e notaram linhas espectrais que não correspondiam ao elemento e pensaram que, ao menos uma delas, era referente ao elemento químico de número

atômico 85. Imediatamente os cientistas comunicaram a possível descoberta à comunidade científica, mas apenas um ano mais tarde, Dale Raymond Corson (1912-2012), Kenneth R. McKenzie (1912-2002) e Emilio Segré (1905-1989) confirmaram que esse elemento realmente havia sido isolado pela primeira vez. No ano de 1947, ele foi denominado astato (At), tendo Yvette contribuído para sua descoberta (AFONSO, 2011). Ainda se tratando do ano de 1939, como abordamos neste trabalho, Marguerite Catherine Perey isolou e caracterizou o elemento químico frâncio (Fr) de número atômico 87, localizado no sétimo período e na família dos metais alcalinos.

À medida que a Tabela Periódica de Mendeleev ia se completando com a descoberta de novos elementos químicos, grupos de pesquisa se dedicavam à descoberta daqueles que ainda não haviam sido detectados. O final do século XX foi marcado, principalmente, pelo interesse pelos elementos transurânicos, aqueles que apresentam número atômico superior ao do urânio. Com isso, inúmeros grupos de pesquisa voltaram a atenção para a obtenção desses elementos, grupos estes que contavam com a colaboração de várias mulheres cientistas. Darleane Christian Hoffman (1926- ), uma química nuclear norte-americana, é uma delas. Em 1974, Darleane estava entre os pesquisadores que sintetizaram o elemento químico de número atômico 106, o seabórgio (Sg). Não podemos deixar de mencionar que Hoffman também participou da descoberta de outros dois elementos de números atômicos 116 e 118 (AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, 2021).

Outra mulher que também deixou seu legado na Tabela Periódica foi Dawn Angela Shaughnessy<sup>29</sup>, uma radioquímica americana, pesquisadora no *Lawrence Livermore National Laboratory*, na Califórnia. Entre os anos de 1989 a 2010, ela participou da descoberta de cinco elementos superpesados com números atômicos entre 114 a 118, preenchendo a linha inferior da TP. Esses elementos químicos são: fleróvio (Fl) de número atômico 114 descoberto em 1998; livermório (Lv) de número atômico 116 descoberto em 2000; moscóvio (Mc) de número atômico 115 descoberto em 2003; oganessônio (Og) número atômico 118 descoberto em 2006 e tenesso (Ts) de número atômico 117 descoberto em 2010 (CONSELHO FEDERAL DE QUÍMICA, 2020).

Cabe ressaltar que, no ano de 2010, o elemento químico de número atômico 117, pertencente ao grupo 7 da TP, altamente instável e sem isótopos conhecidos foi produzido a partir da fusão de núcleos dos elementos berquélio (Bk) e cálcio (Ca). O tenesso (Ts) foi descoberto através de um esforço colaborativo entre vários institutos de pesquisas nucleares,

---

<sup>29</sup> Não foi encontrada data de nascimento da cientista.

entre eles o *Oak Ridge National Laboratory*, no Tennessee, onde Clarice Evone Phelps<sup>30</sup> trabalhava. Devido a isso, ela foi a primeira mulher afro-americana a se envolver na descoberta de um elemento químico (OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY, 2021).

A figura abaixo traz uma ilustração a respeito de algumas cientistas mencionadas acima, assim como os respectivos elementos químicos nos quais auxiliaram na descoberta, caracterização e isolamento. Isso nos remete a um dos objetivos desta pesquisa: divulgar e reconhecer o trabalho de mulheres na área da Ciência.

Figura 36 - Cientistas que contribuíram para a Tabela Periódica

---

<sup>30</sup> Não foi encontrada data de nascimento cientista.

**Marie Curie**  
Codescobridora dos elementos Polônio (Po) e Rádio (Ra). O elemento Curio (Cm) recebeu essa denominação em homenagem ao casal Curie (Marie e Pierre).

**Ida Noddack**  
É codescobridora do elemento Rênio (Re) e fez uma reivindicação não comprovada sobre a descoberta do Tecnécio (Tc).

**Harriet Brooks**  
Quando trabalhava com Ernest Rutherford identificou um gás radioativo que trabalhos posteriores confirmaram ser o Radônio (Rn).

**Dawn Shaugnessy**  
Fez parte da equipe que descobriu e confirmou os elementos 113 a 118 (Nh, Fl, Mc, Lv, Ts, Og) da tabela periódica.

**Lise Meitner**  
Codescobridora do elemento Protactínio (Pa). O elemento Meltério (Mt) foi batizado em homenagem a ela.

**Marguerite Perey**  
Descobridora do Frâncio (Fr). Elemento descoberto apenas por uma mulher.

**Yvette Cauchois**  
Contribuiu para a descoberta do Ástato (At), identificando um dos seus isótopos naturais.

**Darleane Hoffman**  
Ajudou a confirmar a descoberta dos elementos Seabórgio (Sg), Livermório (Lv) e Organeônio (Og).

**Clarice Phelps**  
Fez parte da equipe que descobriu o Tennesso (Ts). Primeira mulher afro-americana a estar envolvida na descoberta de um elemento químico.

**CFQ**  
CONSELHO FEDERAL DE QUÍMICA  
LEI Nº 3.093 DE 18 DE JUNHO DE 1956  
cfq.org.br

Fonte: CONSELHO FEDERAL DE QUÍMICA (2020).

## 5.4 A TABELA PERIÓDICA, A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE QUÍMICA

A Tabela Periódica pode ser considerada, além de uma das mais importantes descobertas da Química, um valioso recurso didático no ensino de Ciências, seja na Educação Básica ou no Ensino Superior. Entender toda sua história e estruturação é fundamental para compreender o avanço da Química ao longo dos anos, além de reconhecer importantes nomes que contribuíram para sua construção. Dessa forma, ela torna-se uma das ferramentas mais relevantes na obtenção de informações sobre os elementos e suas propriedades. A respeito dessa ferramenta, Luca *et al* (2015) afirmam que:

Constitui-se um material imprescindível no Ensino de Química e um instrumento facilitador das relações interdisciplinares, a partir da interface bioquímica, no ensino de Biologia, pois reúne informações importantes para a compreensão de diversos conceitos, entre eles: elemento químico, massa atômica, número atômico, estrutura atômica, lei periódica, constituição celular, fisiologia histológica e organológica dos seres vivos; seus dados promovem a compreensão dos processos químicos, estreitando as relações dos meios científico, cultural e social (p.14).

É a partir do estudo da TP que é possível adquirir conhecimentos básicos a respeito dos elementos químicos, suas propriedades, sua relevância na indústria e sociedade, conhecimento e comportamento dos materiais, dentre outros conceitos. Além disso, através dessa ferramenta torna-se possível compreender os fenômenos químicos e como eles ocorrem, assim como as possíveis relações entre os elementos que originam novas substâncias a partir de reações químicas. Tal compreensão só é possível ao analisar a disposição dos elementos na TP que informa suas propriedades físicas e químicas, graças a estudos desenvolvidos ao longo dos séculos (RITTER, CUNHA, STANZANI, 2017).

Dentre os assuntos que têm relação direta com o estudo da Tabela Periódica podemos citar: ligações Químicas, propriedades físicas (solubilidade, ponto de fusão e ebulição), reatividade de compostos orgânicos (devido à eletronegatividade), conceitos de ácidos e bases etc. Neste sentido que pensamos ser importante que se conheça a Tabela Periódica e suas potencialidades, ou seja, que a conheçamos detalhadamente e que saibamos como tirar o maior número de informações disponíveis nesta tabela. (p. 361)

Sendo assim, pode-se dizer que “incontestavelmente, a Tabela Periódica é um dos mais importantes instrumentos de trabalho para os químicos e sua construção representa um marco na história da Ciência” (LEITE, 2019, p. 3). Entretanto, na grande maioria das vezes, ela é vista como mais um conteúdo a ser memorizado em sala de aula, sendo sua abordagem limitada e contribuindo pouco para o aprendizado do aluno acerca da vida em sociedade e situações

cotidianas (ALIANE, 2018). Além do mais, é imprescindível fortalecer a relação entre a Química da vida e aquela trabalhada na escola para que assim, o aluno possa compreender as implicações sociais da Ciência (SANTOS, MÓL, 2005).

Uma das estratégias utilizadas para trabalhar a Tabela Periódica em sala de aula de forma a romper com a ideia de memorização e incentivar o interesse dos estudantes é através da utilização de diferentes recursos didáticos. Após realizarmos uma busca pela plataforma Portal Periódicos CAPES, nos deparamos com um relevante número de trabalhos que utilizam diferentes metodologias no ensino. Analisando os resultados, destacamos os trabalhos desenvolvidos por Pinheiro *et al* (2015), Santos e Araújo (2017) e, Faria, Cardoso e Godoi (2019), que utilizam os jogos didáticos como elementos motivadores e facilitadores do processo de ensino e aprendizagem dos elementos químicos e da TP.

Outros trabalhos como os de Ritter, Cunha e Stanzani (2017), César, Reis e Aliane (2015) trazem uma abordagem de metodologias que auxiliam no ensino da TP, mais especificamente, sobre as propriedades dos elementos químicos. Além disso, nos deparamos com as pesquisas de Cano (2006) e Neves *et al* (2001) que debatem sobre aspectos conceituais dessa temática. Entretanto, nenhuma dessas propostas faz uma abordagem voltada para a história da Tabela Periódica. Sendo assim, voltamos nossa busca para trabalhos que valorizassem e discutissem a importância da abordagem histórica do tema.

Oki (2002), Porto e Leite (2015), Solbes e Traver (2001) e Constantino *et al* (2001) publicaram trabalhos nos quais buscavam levar para a sala de aula o ensino de Química pautado na História da Ciência. Tais pesquisas tratam desde a análise da abordagem histórica da TP em livros didáticos à evolução do conceito de elementos químicos e como isso influenciou nas definições utilizadas atualmente. Isso porque, ao tratar do assunto seguindo uma perspectiva histórica, o estudante consegue compreender que a Tabela Periódica e todos os conceitos que a envolvem foram construídos pelo homem e, portanto, estão sujeitos a influências éticas, políticas, filosóficas, sociais, tecnológicas e temporais. Sendo assim, rompe-se com a ideia de uma ciência estática, imutável e mágica, aproximando-os da real cultura científica (CONSTANTINO *et al*, 2001).

O documento que regulamenta quais as aprendizagens que devem ser trabalhadas nas escolas brasileiras, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), recomenda que, dentre outras questões, no Ensino Médio, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias deve se comprometer com a formação dos jovens. Para isso, é preciso criar condições para que possam explorar as diferentes maneiras de pensar sobre a cultura científica a partir da organização do conhecimento em diferentes contextos históricos e sociais (BRASIL, 2018). Ou seja, pode-se

dizer que é recomendável a abordagem dos conteúdos químicos de forma a valorizar a História da Ciência (HC) “para permitir que o aluno possa entender a Química como uma área do conhecimento construída por pessoas pertencentes a um contexto social e histórico” (ALIANE, 2018, p. 59).

(...) através da abordagem da HC é possível discutir e debater com os alunos a forma como o conhecimento é produzido e desmistificar as ideias de conhecimentos prontos. Nesse sentido, a apresentação do desenvolvimento de conceitos científicos pode envolver ao mesmo tempo uma discussão sobre o que é conhecer e como se conhece. (MEHLECKE, EICHLER, SALGADO e DEL PINO, 2012, p. 522)

Ademais, é de extrema relevância pontuar que a HC contribui para o ensino ao: motivar e atrair os alunos, humanizar os conteúdos, promover uma melhor compreensão dos conceitos científicos ao trabalhar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento, valorizar e compreender determinados acontecimentos fundamentais na história, demonstrar o lado mutável da ciência, se opor à ideologia cientificista, desenvolver o pensamento crítico além de melhorar a formação do professor. No entanto, num mundo ideal, no qual os professores licenciados em Ciências da Natureza estivessem suficientemente preparados em História da Ciência, essa não deveria ser inserida como uma disciplina extra, mas incorporada e vivenciada em todas as disciplinas que compõem o currículo, de forma a complementar a formação científica e social de professores e alunos (MATTHEWS, 1995).

Quanto às questões relacionadas ao entrelaçamento das culturas escolar e do aluno, entendemos a necessidade de discutirmos sobre a importância da inserção da História da Ciência nas aulas de Química, uma vez que muitos conceitos químicos podem ser contextualizados através de sua história, como as Leis Ponderais, os Modelos para o átomo, a Radioatividade, e em especial, a descoberta de alguns dos Elementos Químicos e a Classificação Periódica dos Elementos Químicos. Essa pode ser uma estratégia de permitir que o aluno tenha acesso a informações sobre a origem de alguns conceitos químicos e seu contexto histórico de elaboração. (ALIANE, 2018, p. 60)

Mariscal e Martínez (2012) relatam em seu trabalho a dificuldade que os estudantes encaram face ao conteúdo de classificação periódica dos elementos, principalmente, por enxergarem como conceitos a serem memorizados sem nenhuma contextualização. Frente a isso, Luca e Vieira (2013) defendem em seu trabalho a abordagem histórica a respeito da TP, pontuando a relevância da inclusão da História da Ciência nos currículos, uma vez que contribui para a compreensão da natureza da Ciência além de buscar a desfragmentação e a historicidade dos conhecimentos científicos construídos.

Ao estudar os aspectos que levaram à inclusão dos elementos na TP, assim como os experimentos, teorias, cálculos e hipóteses que ajudaram a consolidar a existência do átomo, é possível observar os mais diversos tipos de matéria, assim como os estudos que levaram a tais determinações. Dessa forma, por meio da análise dos critérios de nomeação, classificação e numeração dos elementos químicos, torna-se possível também compreender como e porque determinadas relações atômicas ocorrem, assim como suas proporcionalidades e especialidades. Ou seja, ao analisar historicamente a Tabela Periódica, é possível compreender a maneira que cada conhecimento científico contribuiu para a evolução das teorias científicas, de acordo com o contexto histórico, político e social da época (LUCA, VIEIRA, 2013).

A tabela periódica é um marco no desenvolvimento da capacidade humana em buscar arranjar de forma organizada, sistematizada, crítica, prática e concisa aquilo que é considerado relevante para todos, a fim de tornar mais acessível as informações consideradas indispensáveis ao entendimento de fatos, fenômenos ou acontecimentos. Esta é sem dúvida a principal fonte de pesquisa e informação quando se deseja buscar conhecer as características e propriedades dos elementos químicos, e a forma como estes estão organizados é um facilitador na obtenção destas informações. (OLIVEIRA *et al*, 2015, p. 169)

Entretanto, é de extrema relevância que os professores possuam formação que lhes permita selecionar o material didático e discutir o conteúdo de forma a evitar a memorização e favorecer o desenvolvimento de pensamento crítico e reflexivo. Como defendem Solbes e Traver (2001), utilizar materiais didáticos em sala de aula que contenham aspectos que apresentam uma imagem mais próxima da realidade e mais ligada à evolução das ciências poderá implicar em: uma nova concepção da Ciência como uma construção sistemática de conhecimentos, reconhecimento de paradigmas e controvérsias científicas desmistificando o processo linear da ciência, valorização do trabalho coletivo entre cientistas, (re)conhecimento de cientistas que muitas vezes nem são citados, principalmente, em se tratando de mulheres, dentre outros aspectos.

Diante disso, é possível compreender a necessidade e a importância da inserção da HC nas aulas de Química, uma vez que é por meio dessa abordagem que o aluno poderá compreender a evolução e definição dos conceitos de forma contextualizada como, por exemplo, a classificação periódica dos elementos químicos, assim como suas descobertas. Além do mais, como afirma Duarte (2004), a HC consegue romper com a concepção criada por muitos estudantes e cidadãos do cientista vazio de emoções e insensível, mostrando um “lado humano” ao recorrer a biografias ou episódios de suas vidas.

“A História da Ciência pode, nesse sentido, estimular o interesse dos alunos e promover o desenvolvimento de uma atitude positiva para com as ciências, o que, em última análise, pode contribuir para diminuir a distância entre cientistas e não-cientistas” (DUARTE, 2004, p. 319). Logo, neste capítulo, procuramos reforçar a importância de levar a HC para a sala de aula, tomando como exemplo a abordagem histórica da Tabela Periódica, bem como a relevância em situar o aluno a respeito do contexto histórico no qual ela estava inserida, assim como figuras que contribuíram para sua construção, como Marguerite Catherine Perey.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste trabalho, perpassamos pela carreira pessoal e profissional de Marguerite Catherine Perey resgatando suas contribuições para a Química, mais especificamente para a Tabela Periódica, e para o ingresso de mulheres na Academia Francesa de Ciências (FAS). Para isso, contamos com documentos biográficos, artigos e arquivos de divulgação publicados em jornais e revistas da época como fontes de referência para a elaboração de um documento histórico que fosse capaz de auxiliar no cumprimento de nossos objetivos.

De início, abordamos questões históricas acerca da (in)visibilidade da mulher na Ciência desde a antiguidade até os dias atuais, sendo possível traçar um paralelo entre o assunto e a carreira científica de Marguerite Perey. Como já mencionado, a cientista francesa, embora não obtivesse um diploma de nível superior, iniciou seus trabalhos no *Institut du Radium* sob a orientação de Marie Curie, uma das pioneiras na luta pelo acesso das mulheres à educação científica e que, embora tenha trabalhado com Marguerite por apenas 4 anos, foi uma forte influência na carreira profissional da cientista.

Assim como sua mentora, Perey realizava seus experimentos em duplicatas e, até mesmo, em triplicatas, comportamento este não observado com muita frequência por parte de cientistas do sexo masculino. Acredita-se que esta conduta esteja relacionada com a desconfiança por parte da comunidade perante ao trabalho de cientistas do sexo feminino, o que nos remete à discussão inicial deste trabalho acerca de gênero e Ciência.

Além do mais, foi no Laboratório Curie, no *Institut du Radium*, que Marguerite divulgou a descoberta do último radioelemento de origem natural, o Frâncio, sendo a primeira e única mulher a assinar sozinha a nota de divulgação da descoberta de um elemento químico. Acreditamos que, embora tenha sido um feito inédito, Perey enfrentou ceticismo perante à sociedade devido a sua descoberta, principalmente, por ser uma mulher no meio científico, e

ainda sem um diploma de graduação. Entretanto, mesmo em meio a adversidades, ela deu continuidade à sua carreira profissional, culminando em sua eleição para a FAS.

A Academia carregava um legado no qual mulheres não eram eleitas como membros, sendo assim, podemos afirmar que a eleição de Marguerite - atrelada a posição do novo diretor da FAS, Arnaud Denjoy (1884-1974) - contribuiu para a ruptura dessa ideia, uma vez que demais mulheres foram eleitas para a instituição, podendo uma delas chegar ao cargo de mais alto escalão no século XXI. No entanto, ressaltamos que a desigualdade de gênero na Ciência continua evidente, já que é possível notar um número muito maior de membros do sexo masculino em relação ao sexo feminino na referida academia. No departamento de Química, a título de exemplo, são 2 membros do sexo feminino e 45 do sexo masculino até o momento de finalização deste trabalho.

O último capítulo dessa dissertação versa sobre a relação existente entre a descoberta de Marguerite, a Tabela Periódica (TP) e o Ensino de Química e, para lapidar tal discussão, nos debruçamos sobre a história da TP e a importância de utilizar a História da Ciência em sala de aula. Foi possível concluir que o trabalho de Marguerite, assim como de demais cientistas abordadas nesta dissertação, contribuiu para a construção da TP que, pela primeira vez na história, encontra-se completa com 118 elementos dispostos ao longo de 7 períodos e 18 grupos.

Contudo, isso só foi possível devido a estudos desenvolvidos por outros cientistas como, por exemplo, Dmitri Mendeleev que imaginou a existência de elementos químicos que ainda não haviam sido descobertos, deixando espaços vazios em sua tabela. Vinculado a isso, Henry Moseley propôs a Lei Periódica a qual define a organização dos elementos em ordem crescente de número atômico e semelhança de propriedades. Sendo assim, quando Perey iniciou seus trabalhos com o Actínio, o Frâncio não havia sido descoberto, mas devido a Lei Periódica e aos “espaços vazios” de Mendeleev, foi possível prever as características do elemento de número atômico 87.

Ao analisarmos historicamente a vida de Marguerite Perey, a descoberta do Frâncio e o desenvolvimento da Tabela Periódica, compreendemos a maneira que cada conhecimento científico contribuiu para a evolução das teorias científicas levando em consideração o contexto histórico, político e social envolvidos. Isso nos faz concluir, mais uma vez, a relevância de se trabalhar a História da Ciência em sala de aula, principalmente, ao valorizar o trabalho coletivo entre cientistas e desmistificar o processo linear da Ciência.

Em síntese, o trabalho aqui apresentado reforça a importância de reconhecer, prestigiar e divulgar as contribuições femininas para a Ciência, deixando de visar somente aspectos profissionais, mas também relatando sua trajetória pessoal e todas as adversidades enfrentadas

por essas mulheres. Embora acreditemos que as mulheres vêm conquistando espaço nesta área considerada historicamente masculina, a equidade de gênero na Ciência continua longe de ser considerada satisfatória e/ou ideal.

É possível notar que a falta de incentivo, representatividade e apoio implicam, diretamente, nas escolhas por parte dos jovens de qual curso seguir, afastando ainda mais a ideia de meninas na área de ciência e tecnologia. Diante disso, acreditamos que nossa pesquisa contribui para o engrandecimento, ou visibilidade, da questão do papel da mulher na Ciência, podendo também acarretar em novas pesquisas que discutam a questão de gênero nessa área. Além disso, esperamos que esta obra contribua para o ensino de Química no Ensino Médio e nas Licenciaturas ao fornecer um material comprometido com o construto coletivo e com o desenvolvimento da Ciência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLOFF, J. P. Évolution de alfa activité a d'une source d'Actinium K ( $^{223}\text{Fr}$ ). **Compt. rend.**, França, p. 1421-1423, jan., 1955.

ADLOFF, J. P. **Marguerite Catherine Perey (1909-1975)**. In: APOTHEKER, J.; SARKADI, L. S. (org.). *European Women in Chemistry*. Germany: Wiley-VCH Verlag & Co., p. 181-185, 2011.

ADLOFF, J. P.; KAUFFMAN, G. B. Marguerite Perey and the discovery of francium. Separata de: **Education in Chemistry**. Cambridge, England, p. 135-137, set., 1989.

ADLOFF, J. P.; KAUFFMAN, G. B. Francium (Atomic Number 87), the last discovered natural element. Separata de: **Chemical Educator**. Meridian, Estados Unidos, v. 10, n. 5, p. 387-394, set., 2005a.

ADLOFF, J. P.; KAUFFMAN, G. B. Marguerite Perey (1909-1975): a personal retrospective tribute on the 30th anniversary of her death. Separata de: **Chemical Educator**. Meridian, Estados Unidos, v. 10, n. 5., p. 378-386, out., 2005b.

ADLOFF, J. P.; KAUFFMAN, G. B. Triumph over Prejudice: The Election of Radiochemist Marguerite Perey (1909–1975) to the French Académie des Sciences. Separata de: **Chemical Educator**. Meridian, Estados Unidos, v. 10, n. 5, p. 395-399, set., 2005c.

ADLOFF, K. P. A descoberta do Francium. Separata de: **Química Nova**. São Paulo, Brasil, v. 2, n. 4, p. 137-141, out., 1979.

AFONSO, J. C. Astató. Separata de: **Química Nova na Escola**. São Paulo, Brasil, v. 34, n. 2, p. 252-253, nov., 2011.

AFONSO, J. C. Frâncio. Separata de: **Química Nova na Escola**. São Paulo, Brasil, v. 34, n. 1, p.43-44, fev., 2012a.

AFONSO, J. C. Protactínio. Separata de: **Química Nova na Escola**. São Paulo, Brasil, v. 34, n. 2, p. 101-102, maio, 2012b.

ALIANE, C. S. M. **Tabela Periódica interativa: contribuições de uma proposta de educação não formal para a formação continuada de professores de Química**. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora. Minas Gerais, p. 151, 2018.

ALL NOBEL PRIZES, **The Nobel Prize, 2020**. All Nobel Prizes. Disponível em: <<https://www.nobelprize.org/prizes/lists/all-nobel-prizes>>. Acesso em 21 de Março de 2020.

ARAÚJO, E. B. A utilização do elemento Tecnécio-99m no diagnóstico de patologias e disfunções dos seres vivos. Separata de: **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**. São Paulo, Brasil, n. 6, p.31-35, julho, 2005.

BONIFÁCIO, D. A. B. **Validação do Geant4 para a produção e detecção de Raios-X na faixa de energia de radiodiagnóstico**. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Física, Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 102, 2007.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC): Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2018.

BRANSKI, R. M.; FRANCO, R. A. C.; JUNIOR, O. F. L. **Metodologia de estudo de casos aplicada à logística**. In: XXIV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, XXIV, Salvador, Brasil, *Anais*, Salvador, 2010.

BRUDNA, L.; LOPES, R. J. **Um mergulho na tabela periódica**. São Paulo: C6 Bank, 2019.

CANO, M. V. A. Aprender significativamente y clasificar en Química. Separata de: **Investigação em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, Brasil, v. 11, n. 3, p. 285-302, 2006.

CÉSAR, E. T.; REIS, R. C.; ALIANE, C. S. M. Tabela Periódica interativa. Separata de: **Química Nova na Escola**. São Paulo, Brasil, v. 37, n. 3, p. 180-186, ago., 2015.

CHARBONNEAU, J. A.; RICE, R. E. **"From Miss Swallow's "In soluble Residue" to the discovery of Samarium and Gadolinium"**. In: Lykknes, Annette; Van Tiggelen, Brigitte (eds.). *Women in Their Element: Selected Women's Contributions To The Periodic System*. Singapore: World Scientific. p. 145–157, 2019.

CHASSOT, A. A ciência é masculina? É, sim senhora!... Separata de: **Revista Contexto e Educação**. Rio Grande do Sul, Brasil, v. 19, n. 71/72, p. 9-28, jan./dez., 2004.

CLARICE E. PHELPS. **Oak Ridge National Laboratory**, Tennessee, Estados Unidos, 2021. Disponível em: <<https://www.ornl.gov/staff-profile/clarice-e-phelps>>. Acesso em 01 de maio de 2021.

COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. (Orgs.). **Fundamentos de Cromatografia**. Campinas: Editora da Unicamp. 2010.

CONSELHO FEDERAL DE QUÍMICA. **Cientistas mulheres tiveram papel fundamental na descoberta de elementos químicos**. Brasília, Brasil, 2020. Disponível em: <<http://cfq.org.br/noticia/cientistas-mulheres-tiveram-papel-fundamental-na-descoberta-de-elementos-quimicos/>>. Acesso em 01 de maio de 2021.

COSTA, A. F.; FERNANDES, H. L. **Mulher na Ciência: concepções de estudantes na fase da adolescência**. In: X Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, X, 2017, Sevilla, Espanha, *Anais*, Sevilla, 2017.

CONSTANTINO, E. S. C. L. *et al.* **A construção histórica da Tabela Periódica como proposta de Aprendizagem**. In: III Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – III ENPEC, São Paulo, Brasil, 2001.

CORDEIRO, M. D.; FERREIRA, L. M. **Uma análise filosófica da equivocada descoberta dos transurânicos**. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC, Florianópolis, Brasil, 2017.

CURIE, M. S. **Rayons émis par les composés de l'uranium et du thorium**. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, v. 126, p. 1101-3, 1898.

CURIE, M. S.; CURIE, P. **Sur une substance nouvelle radioactive, contenue dans la pechblende**. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris 127: 175-8, 1898.

DARLEANE HOFFMAN. **American Chemical Society**. Nova York, Estados Unidos, 2021. Disponível em: <<https://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/women-scientists/darleane-hoffman.html>>. Acesso em 01 de maio de 2021.

DUARTE, M. C. A História da Ciência na prática de professores portugueses: implicações para a formação de professores de Ciências. Separata de: **Ciência & Educação**. São Paulo, Brasil, v. 10, n. 13, p.317-331, 2004.

ESTON, V. R.; ESTON, T.; KIDA, S.; BITELLI, T.; CARVALHO, N. Noções gerais sobre o emprego dos radioisótopos em medicina e biologia. Separata de: **Revista de Medicina**. São Paulo, Brasil, v. 46, n. 4, p. 141-198, nov., 1962.

FARIA, A. G. V.; CARDOSO, R. A.; GODOI, R. R. Ensino de Química no técnico de nível médio integrado em informática: uma proposta de ensino contextualizado e interdisciplinar. Separata de: **Revista Brasileira da educação profissional e tecnológica**. Mato Grosso do Sul, Brasil, v. 2, abr.; p. 1-24, 2019.

FERNANDES, C. C. **Radioproteção em ambiente hospitalar: um estudo sobre a proteção radiológica de radiodiagnósticos médicos em hospital no Rio de Janeiro**. In: XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 37, Santa Catarina, Brasil, 2017.

FILHO, A. M. L.; PAES, J. M.; FIORIO, V. V.; RESGALA, L. C. L. Uso de radioisótopos para diagnóstico. Separata de: **Revista Interdisciplinar do Pensamento Científico**. Rio de Janeiro, Brasil, v. 5, n. 5, p. 1899-1909, julho/dez., 2019.

FREITAS, L. B.; LUZ, N. S. Gênero, Ciência e Tecnologia: estado da arte a partir de periódicos de gênero. Separata de: **Cadernos Pagu**. São Paulo, n. 49, p. 1-26, 2017.

FREITAS-REIS, I.; DEROSI, I. N. O Ensino de Ciências por Marie Curie: Análise da Metodologia Empregada em sua Primeira Aula na Cooperativa de Ensino. Separata de: **Química Nova na Escola**. São Paulo, v. 36, n. 2, p. 88-92, maio, 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIORDAN, M.; KOSMINSKY, L. Visões sobre Ciências e sobre o Cientistas entre estudantes do Ensino Médio. Separata de: **Química Nova na Escola**. São Paulo, Brasil, v. 15, p. 11-18, maio, 2002.

GODOY, A. S. Pesquisa Qualitativa: tipos fundamentais. Separata de: **Revista de Administração de empresas**. São Paulo, Brasil, v. 35, n. 3, p. 20-29, maio/jun., 1995.

GOMEZ, E.; OROZCO, L. A.; SPROUSE, G. D. Spectroscopy with trapped francium: advances and perspectives for weak interaction studies. Separata de: **IOP Publishing**. Londres, Reino Unido, v. 69, n. 1, p. 69-79, nov., 2005.

GONZÁLEZ, J. P. C.; BADILLO, R. G.; MIRANDA, R. P. La ley periódica. Un análisis histórico epistemológico y didáctico de algunos textos de enseñanza. Separata de: **Educación Química**. México, v. 18, n. 4, p. 278-288, out., 2007.

GOULART, S. M. **História Da Ciência: Elo Da Dimensão Transdisciplinar No Processo De Formação De Professores De Ciências**. In: LIBANEO, J. C.; SANTOS, A. (org.). Educação na era do conhecimento em rede e transdisciplinaridade. São Paulo: Alínea, 2005.

GREENWOOD, V. My Great-Great-Aunt Discovered Francium. And It Killed Her. **The New York Times Magazine**, 2014. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2014/12/07/magazine/my-great-great-aunt-discovered-francium-and-it-killed-her.html>>. Acesso em 04 de agosto de 2020.

GRELON, A. Marie-Louise Paris et les débuts de l'Ecole polytechnique féminine (1925-1945). Separata de: **Bulletin d'histoire de l'électricité**. Paris, França, n. 19-20, p. 133-155, 1992.

HARVEY, J.; OGILVIE, M. The Biographical dictionary of Women in Science: pioneering lives from **Ancient Times to the Mid-20th Century**. Nova York: Routledge, 2000.

HAYASHI, M. C. P. I.; CABRERO, R. C.; COSTA, M. P. R.; HAYASHI, C. R. M. Indicadores da Participação Feminina em Ciência e Tecnologia. Separata de: **Transinformação**. Campinas, v. 19, n. 2, p. 169-187, maio/agos., 2007.

HISTOIRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. **Institut de France: Académie des sciences**, 2020. Disponível em: <<https://www.academie-sciences.fr/fr/Histoire-de-l-Academie-des-sciences/histoire-de-l-academie-des-sciences.html>>. Acesso em 21 de agosto de 2020.

HULUBEI, M. H. Recherces relatives à l'élément 87. **Compt. rend.**, França, p. 1927-1929, junho., 1936.

ICHIKAWA, E.; YAMAMOTO, J.; BONILHA, M. Ciência, Tecnologia e Gênero: Desvelando o Significado de Ser Mulher e Cientista Separata de: **Serviço Social em Revista**. Paraná, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2008.

KOLATA, G. Kati Kariko Helped Shield the World From the Coronavirus. **The New York Times Magazine**, 2021. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2021/04/08/health/coronavirus-mrna-kariko.html>>. Acesso em 26 de julho de 2021.

KOVALESKI, N. V. J.; TORTATO, C. S. B.; CARVALHO, M. G. As relações de gênero na História das Ciências: A participação feminina no Progresso Científico e Tecnológico. Separata de: **Emancipação**. Ponta Grossa, v. 13, n. 3, p. 9-26, 2013.

LECOIN, M.; PEREY, M. C.; RIOU, M.; TEILLAC, J. Sur les rayonnements  $\beta$  et  $\gamma$  de l'actinium et de l'actinium K. Separata de: **Journal de Physique et le Radium**. Paris, França, v. 11, n. 5, p. 227-234, maio, 1950.

LEE, J. D. **Fundamentos da Química Inorgânica**. 1 ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA, 1971.

LEITE, B. S. O ano internacional da tabela periódica e o ensino de Química: das cartas ao digital. Separata de: **Química Nova**. São Paulo, Brasil, v. 15, n. 00, p. 1-9, abr., 2019.

LEITE, H. S. A; PORTO, P. A. Análise da abordagem histórica para a Tabela Periódica em livros de Química Geral para o Ensino Superior usados no Brasil no século XX. Separata de: **Química Nova**. São Paulo, Brasil, v. 38, n. 4, p. 580-587, abr., 2015.

LETA, J. As mulheres na ciência brasileira: crescimento, contrastes e um perfil de sucesso. Separata de: **Estudos Avançados**. São Paulo, Brasil, v. 17, n. 49, p. 271-284, set./dez., 2003.

LIMA, B. S.; BRAGA, M. L. S.; TAVARES, I. Participação das mulheres nas ciências e tecnologias: entre espaços ocupados e lacunas. Separata de: **Gênero**. Niterói, v. 16, n. 11, p. 11-31, jul./dez., 2015.

LIMA, I. P. C. **Lise Meitner e a fissão nuclear: caminhos para uma narrativa feminista**. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia. Bahia, p. 181, 2019.

LIMA, G. M. et al. Origens e consequências da Tabela Periódica, a mais concisa enciclopédia criada pelo ser humano. Separata de: **Química Nova**. São Paulo, Brasil, v. 42, n. 10, p. 1125-1145, nov., 2019.

LINO, T. R.; MAYORGA, C. As mulheres como sujeitos da Ciência: uma análise da participação das mulheres na Ciência Moderna. Separata de: **Saúde & Transformação Social**, Florianópolis, v. 7, n. 3, p. 96-107, set./dez., 2016.

LÖWY, I. Universalidade da ciência e conhecimentos “situados”. Separata de: **Cadernos Pagu**. São Paulo, Brasil, n. 15, p. 15-38, 2000.

LUCA, A. G. et al. **Uma abordagem histórica da tabela periódica**. In: Ensino de Ciências: reflexões e diálogos. Sandra Aparecida dos Santos; Marcus Eduardo Maciel Ribeiro (Org.) Santa Catarina: Editora Unidavi, 2015.

LUCA, A. G.; VIEIRA, J. **A colher que desaparece: uma abordagem histórica da tabela periódica**. In: 33º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química, 33, Rio Grande do Sul, Brasil, 2013.

LYNCH, K. M. *et al.* Decay-assisted collinear resonance ionization spectroscopy: Application to neutron-deficient francium. Separata de: **Physical Review X**. Maryland, Estados Unidos, v. 8, n. 4., n. p., out./dez., 2018.

MARISCAL, A. J. F.; MARTÍNEZ, J. M. O. Dificultades de comprensión de nociones relativas a la clasificación periódica de los elementos químicos: la opinión de profesores e investigadores en educación química. Separata de: **Revista Científica**. Bogotá, Colômbia, n. 16, p. 53-71, jul./dez., 2012.

MARTINS, L. A. C. P. História da Ciência: objetos, métodos e problemas. Separata de: **Ciência e Educação**. São Paulo, Brasil, v. 11, n. 2, p. 305-317, maio/ago., 2005.

MARTINS, R. A. As primeiras investigações de Marie Curie sobre elementos radioativos. Separata de: **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 1, nº 1, p. 29-41, jan./jun., 2003.

MARTINS, R. A. Ciências versus historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (Org.) **Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: EDUC/ Ed. da Física/ Fapesp, p. 115-154, 2004.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. Separata de: **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. São Carlos, Brasil, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez., 1995.

MEHLECKE, C. M.; EICHLER, M. L.; SALGADO, D. M., DEL PINO, J. C. A abordagem histórica acerca da produção e da recepção da Tabela Periódica em livros didáticos brasileiros para o ensino médio. Separata de: **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Espanha, vol. 11, n. 3, p. 521- 545, 2012.

MELO, H. P. Relações de Gênero na Educação Superior: uma análise do Programa Ciências sem Fronteiras. Separata de: **Revista Interritórios**. Pernambuco, Brasil, v. 4, n. 6, p. 45-58, jan./jun., 2018.

L’histoire de Pierre et Marie Curie, couple de pionniers. **Musée CURIE**, 1898. Disponível em: <<https://musee.curie.fr/decouvrir/la-famille-curie/un-couple-de-pionniers>>. Acesso em: 18 de dez. de 2021.

LES MEMBRES DE L’ACADÉMIE DES SCIENCES. **Institut de France: Académie des sciences**, 2020. Disponível em: <<https://www.academie-sciences.fr/fr/Table/Membres/Membres-a-la-une/>>. Acesso em 22 de agosto de 2020.

NEVES, L. S. *et al.* O conhecimento pedagógico do conteúdo: Lei e Tabela Periódica - Uma reflexão para a formação do licenciado em Química. Separata de: **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, Brasil, v. 1, n. 2, 2001.

OKI, M. C. M. O conceito de elemento da antiguidade à modernidade. Separata de: **Química Nova na Escola**. São Paulo, Brasil, n. 16, p. 21-25, nov., 2002.

OLIVEIRA, V. B. et al. Tabela Periódica: uma tecnologia educacional histórica. Separata de: **Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica**. Espírito Santo, Brasil, v. 5, n. 4, p. 168-186, dez., 2015.

ORNA, M. V. Francium: Uranium’s daughter, Perey’s discovery. Separata de: **Journal of Chemical Education**. Nova York, Estados Unidos, v. 86, n. 12, p. 1364, dez., 2009.

PASQUETA, J. **Dosimetria externa simulada a partir da bolsa coletora de urina de pacientes submetidos à cintilografia óssea**. Dissertação (Mestrado Profissional em Proteção Radiológica) – Instituto Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 89, 2019.

PEREY, M. C. Sur l'intensité des groupes de structure fine des spectres magnétiques a du radioactinium et de ses descendants. **Compt. rend.**, França, p. 1274-1276, abril, 1936.

PEREY, M. C. Sur un élément 87, dérivé de l'actinium. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, França, p. 97-99, jan., 1939a.

PEREY, M. C. L'élément 87: AcK, dérivé de l'actinium. Separata de: **Journal de Physique et le Radium**. Paris, França, v. 10, n. 10, p. 435-438, jan., 1939b.

PEREY, M. C.; ADLOFF, J. P. Séparation chromatographique du francium. **Compt. rend.**, França, p. 1163-1165, jan., 1953.

PEREY, M. C.; ADLOFF, J. P. Séparation Actinium-Actinium K ( $^{223}\text{Fr}$ ) par chromatographique sur papier. **Compt. rend.**, França, p. 1389-1391, jul., 1954.

PEREY, M. C.; CHEVALLIER, A. Sur la répartition de l'élément 87: francium dans les tissus du rat normal. Biologie. **Compt. rend.**, França, p. 1205-1207, abril, 1951a.

PEREY, M. C.; CHEVALLIER, A. Sur la fixation de l'élément 87: francium dans les sarcome expérimental du rat. Biologie. **Compt. rend.**, França, p. 1208-1211, abril, 1951b.

PEREY, M. C.; GUILLOT, M. Sur la descendance radioactive de  $^{225}_{87}\text{AcK}$ . **Compt. rend.**, França, p. 330-332, jul., 1947.

PEREY, M. C.; LECOIN, M. Sur le rayonnement  $\gamma$  de l'actinium et de l'actinium K. **Compt. rend.**, França, p. 893-895, maio., 1941.

PERIODIC Table of Elementos. **IUPAC**, Nova Iorque, Estados Unidos, 2021. Disponível em: <<https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/>>. Acesso em: 13 de jan. de 2021.

PESQUISA FAPESP. São Paulo: **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo**, n. 289, mar. 2020, 99 p. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/2020/03/05/folheio-baixa-a-edicao-289/>>. Acesso em 18 de março de 2020.

PFIZER. Our Experts: Kathrin U. Jansen, PH. D. **PFIZER**, 2021. Disponível em: <[https://www.pfizer.com/people/medical-experts/vaccinations/kathrin\\_jansen-phd](https://www.pfizer.com/people/medical-experts/vaccinations/kathrin_jansen-phd)>. Acesso em: 26 de julho de 2021.

PINHEIRO, I. A. M. *et al.* ELEMENTUM - Lúdico como ferramenta facilitadora do processo de ensino-aprendizagem sobre Tabela Periódica. Separata de: **Holos**. Rio Grande do Norte, Brasil, v. 8. n. 31, p. 80-86, dez., 2015.

PRADO, L.; RODRIGUES, D. F. Mulheres na História da Ciência: uma década de publicações nas revistas Química Nova e Química Nova na Escola. Separata de: **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**. São Paulo, Brasil, v. 19, p. 54-70, 2019.

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

REZENDE, D. T.; QUIRINO, R. Mulheres na ciência e tecnologia – por que tão poucas? In: **XIII Women's World Congress**. 13, 2017, Florianópolis, Brasil, Anais, Florianópolis, 2017.

RIBEIRO, T. A.; FRANÇA, F. F. Simone de Beauvoir e o movimento feminista: contribuições à Educação. In: **III Simpósio Gênero e Políticas Públicas**. 3, 2014, Londrina, Brasil, Anais, Londrina, 2014.

RICHARDS, R. H. **Robert Hallowell Richards: His Mark**. Boston: Little, Brown and Co. 1936.

RITTER, O. M. S.; CUNHA, M. B.; STANZANI, E. L. Discutindo a classificação periódica dos elementos e a elaboração de uma Tabela Periódica interativa. Separata de: **ACTIO: Docência em Ciências**. Curitiba, Brasil, v. 2, n. 1, p. 359-375, jan./jul., 2017.

SANTOS, A. V.; ARAÚJO, F. B. Utilização de jogo didático para o ensino de Tabela Periódica. Separata de: **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**. Bahia, Brasil, v. 1, n. 2, ago./dez., p. 78-89, 2017.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (Coords). **Química e Sociedade**. São Paulo: Nova Geração, 2005.

SCHIEBINGER, L. **O feminismo mudou a ciência?** Tradução de Raul Fiker. 1 ed. São Paulo: EDUSC, 2001.

SCHIEBINGER, L. Mais mulheres na ciência: questões de conhecimento. Apresentação de Maria Margaret Lopes. Separata de: **História, Ciências e Saúde - Manguinhos**. Rio de Janeiro, Brasil, v. 15, supl., p. 269-281, jun., 2008.

SCHMITH, C. **Física Moderna: uma abordagem prática**. 2010. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Centro Universitário La Salle, Canoas, 2010.

SCHUCK, E. O. **Feminismos em movimento: mapeando a circulação do pensamento feminista entre Brasil e França**. Tese (Doutorado em Ciência Política) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 175, 2017.

SILVA, C. R. **Níveis de radônio em um ambiente hospitalar na cidade de Niterói-RJ**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) - Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense. Niterói, p. 69, 2016.

SILVA, F. F.; RIBEIRO, P. R. C. Trajetórias de mulheres na ciência: “ser cientista” e “ser mulher”. Separata de: **Ciência e Educação (Bauru)**. São Paulo, Brasil, v. 20, n. 2, n. p., 2014.

SILVA, V. C. Da fissão nuclear aos elementos transurânicos: questões epistemológicas no caso Fermi-Noddack. Separata de: **Revista Brasileira de História da Ciência**. Rio de Janeiro, Brasil, v. 12, n. 1, p. 54-67, jan./jun., 2019.

SIME, R. L. Lise Meitner and the discovery of Fission. Separata de: **Journal of Chemical Education**. Washington, Estados Unidos, v. 66, n. 5, p. 373-376, maio, 1989.

SKOOG, D. A. **Princípios de Análise Instrumental**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

SOARES, T. A. Mulheres em ciência e tecnologia: ascensão limitada. Separata de: **Química Nova**. São Paulo, Brasil, v. 24, n. 2, p. 281-285, março/abril, 2001.

SOLBES, J. TRAVER, M. Resultados obtenidos introduciendo Historia de la Ciencia en las clases de Física y Química: mejora de la imagen de la Ciencia y desarrollo de actitudes positivas. Separata de: **Enseñanza de las Ciencias**. Espanha, v. 19, n. 1, p.151-162, 2001.

SOUZA, A. M. F. L. **As armas de Marte no espelho de Vênus**. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação da Universidade Federal da Bahia. Bahia, p. 207, 2003.

TAVARES, O. A. P. Talento de Moseley: desvendando os segredos do átomo. Separata de: **Revista Ciência e Sociedade**. Rio de Janeiro, Brasil, v. 1, n. 1, p. 1-4, 2013.

SPINNEY, L. History: Science fit for a King. **Nature**, 2010. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/4681038a>>. Acesso em 18 de dez. de 2021.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C.; CHAGAS, A. P. Alguns aspectos históricos da classificação periódica dos elementos químicos. Separata de: **Química Nova**. São Paulo, Brasil, v. 20, n. 1, p. 103-117, jan./fev., 1997.

TRINDADE, L. S. P.; BELTRAN, M. H. R.; TONETTO, S. R. **Práticas e estratégias femininas: histórias de mulheres nas ciências da matéria**. 1 ed., São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura. **Decifrar o Código: educação de meninas e mulheres em ciências, tecnologia, engenharia e matemática (STEM)**. Brasília: UNESCO, 2018.

VENTURA, M. M. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. Separata de: **Revista SOCERJ**. Rio de Janeiro, Brasil, v. 20, n. 5, p. 383-386, set./out., 2007.

VILLETANEUSE, C. VILLEMOMBLE. **Sygiec Travel**, 2021. Disponível em: <<https://travel.sygiec.com/en/poi/villemomble-city:83317>>. Acesso em: 18 de dez. de 2021.