

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS BLUMENAU
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E EDUCAÇÃO
LICENCIATURA EM QUÍMICA

Maria Gabriela Prada de Souza

Do invisível ao visível: Lise Meitner e a Tabela Periódica, que história é essa?

Blumenau

2022

Maria Gabriela Prada de Souza

Do invisível ao visível: Lise Meitner e a Tabela Periódica, que história é essa?

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Química do Centro de Blumenau da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do título de Licenciada em Química.
Orientadora: Prof^ª Dr^ª Keysy Solange Costa Nogueira
Coorientadora: Prof^ª Dr^ª Fernanda Luiza de Faria

Blumenau

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Souza, Maria Gabriela Prada de
Do invisível ao visível : Lise Meitner e a Tabela
Periódica, que história é essa? / Maria Gabriela Prada de
Souza ; orientador, Keysy Solange Costa Nogueira,
coorientador, Fernanda Luiza de Faria, 2022.
72 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau,
Graduação em Química, Blumenau, 2022.

Inclui referências.

1. Química. 2. Lise Meitner. 3. Mulheres na Ciência. 4.
Divulgação Científica. 5. História da Ciência. I. Nogueira,
Keysy Solange Costa. II. Faria, Fernanda Luiza de. III.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Química. IV. Título.

AGRADECIMENTOS

Durante toda a minha trajetória, tive a sorte de estar rodeada por pessoas que me fortaleceram e me ajudaram a alcançar meus objetivos. Este trabalho só foi possível graças ao apoio que recebi das pessoas que acreditaram no meu potencial, mesmo nos momentos em que eu não acreditei. Por isso, agradeço imensamente à minha família, amigos e professores por tudo que fizeram por mim e pela minha formação.

Agradeço à minha mãe, Sueli Maria Prada, que me criou com bondade e amor. Mesmo sem ter tido as oportunidades que tive quanto ao acesso à educação, foi minha mãe que esteve comigo e me incentivou durante minha trajetória escolar e acadêmica.

Ao meu pai, Aldo José de Souza, pelos ensinamentos sobre ética e por sempre ter reforçado o quanto a educação faz diferença na vida de uma pessoa.

À minha nona, Araci Prada, que em vida foi professora e cujo amor por ensinar me inspirou a seguir a carreira docente.

Ao meu companheiro, Igor Becker Boos, que me alegrou nos momentos difíceis e me deu apoio emocional, me ajudando a acreditar em mim mesma.

Aos meus amigos, em especial à Raissa Souza Rezende, que nos últimos quatro semestres foi quem riu e chorou comigo, mas sempre acreditou que tudo daria certo; à Jaqueline Schlemper, que foi minha primeira dupla de laboratório e que compartilhou comigo diversos momentos importantes na trajetória universitária.

Aos meus professores, em especial à minha orientadora Keysy Solange Costa Nogueira, por ter me motivado a continuar e por ser tão compreensiva. A sua orientação foi fundamental no processo de escrita deste trabalho e elaboração dos vídeos e, por conta disso, me considero sortuda por ter tido uma orientadora tão dedicada e comprometida; à minha coorientadora Fernanda Luiza de Faria, pela gentileza e incentivo e por ser para mim uma fonte inesgotável de inspiração.

Agradeço também aos professores Ingrid Nunes Derossi, Alaim Souza Neto e José Wilmo da Cruz Junior, por terem aceitado participar da banca de defesa e contribuírem para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Comumente, na literatura que retrata o desenvolvimento histórico do conhecimento científico, evidencia-se uma predominância masculina. Lise Meitner é uma das tantas mulheres cientistas que tiveram sua trajetória silenciada pela história que é contada da ciência. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo produzir uma sequência de vídeos de divulgação científica sobre a trajetória pessoal e profissional dessa cientista, evidenciando a sua contribuição para o desenvolvimento da ciência e da Tabela Periódica, atrelando às questões de gênero. Para isso, realizou-se uma pesquisa fundamentada em fontes primárias e secundárias com o intuito de levantar dados biográficos sobre Lise Meitner. Em seguida, produziu-se três vídeos de divulgação científica para serem publicados no YouTube. A biografia de Lise foi construída considerando-se os temas: infância em Viena; acesso à educação formal; carreira em Berlim; implicações da Segunda Guerra Mundial e a descoberta da fissão nuclear; e, pós-guerra, reconhecimentos e barreiras. Observou-se que a história desta cientista se conecta à história da Tabela Periódica em dois momentos: na descoberta do elemento químico protactínio e na busca pela síntese de elementos transurânicos - que, sem querer, resultou na descoberta da fissão nuclear. Cabe ressaltar que não foi o foco deste trabalho fazer um detalhamento sobre a Tabela Periódica, mas sim trazer de que forma a história de Lise Meitner se conecta a história da Tabela Periódica. A biografia de Lise Meitner revelou aspectos importantes sobre o papel da mulher na produção do conhecimento científico e sobre a natureza da ciência. Considera-se, portanto, que os recursos audiovisuais produzidos podem ser um tema em potencial para estudos e reflexões em salas de aula de química, sendo utilizados como materiais didáticos.

Palavras-chave: Lise Meitner, Mulheres na Ciência, Divulgação Científica, História da Ciência.

ABSTRACT

In the literature that portrays the historical development of scientific knowledge, male predominance is evident. Lise Meitner is one of the many women whose trajectory has been silenced by the story we are told about science. In this regard, this work aimed to produce a series of videos for scientific dissemination about the trajectory of this scientist, highlighting her contribution to the development of science and the Periodic Table, linking to gender issues. Unto that, a research based on primary and secondary sources was carried out in order to collect biographical data about Lise Meitner. Then, three audiovisual resources for scientific dissemination were produced to be published on YouTube. Lise's story was built around the themes: childhood in Vienna; access to formal education; career in Berlin; implications of the Second World War and the discovery of nuclear fission; and, post-war, recognitions and barriers. It was observed that the history of this scientist is connected to the history of the Periodic Table in two moments: in the discovery of the chemical element protactinium and in the search for the synthesis of transuranic elements - which, unintentionally, resulted in the discovery of nuclear fission. It was not the focus of this work to detail the Periodic Table, but to bring the connection between Lise Meitner's biography and the history of the Periodic Table. Lise Meitner's story revealed important aspects about the role of women in the production of scientific knowledge and about the nature of science, with her biography being a potential object of study and reflection in chemistry classrooms. Therefore, it was concluded that the scientific dissemination videos produced in this work have the potential to be used as teaching materials.

Keywords: Lise Meitner, Women in Science, Scientific Dissemination, History of Science.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Lise Meitner (com uma boneca no centro) e seus irmãos, em 1887.....	30
Figura 2 - Lise Meitner e Otto Hahn no laboratório improvisado, em 1908.....	36
Figura 3 - Lise Meitner e o então presidente Harry S. Truman, EUA, em 1946.....	42
Figura 4 - Cenário utilizado para a gravação dos vídeos.....	46
Figura 5 - Imagem utilizada como miniatura nos vídeos.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Título dos vídeos publicados no YouTube.....	45
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DC - Divulgação Científica

HD - High Definition

IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry

KWG - Sociedade para o Progresso da Ciência Kaiser Wilhelm

MIT - Massachusetts Institute of Technology

NBC - National Broadcasting Company

SEO - Search Engine Optimization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 OBJETIVO GERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
3.1 TABELA PERIÓDICA E A HISTÓRIA CONTADA - UM OLHAR SOBRE GÊNERO E CIÊNCIA.....	17
3.2 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E O USO DE RECURSOS AUDIOVISUAIS	23
4 ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5.1 A TRAJETÓRIA PESSOAL E PROFISSIONAL DE LISE MEITNER	29
5.1.1 Infância.....	29
5.1.2 Acesso à Educação Formal.....	31
5.1.3. Carreira em Berlim.....	34
5.1.4 Descoberta da Fissão Nuclear e a Segunda Guerra Mundial.....	38
5.1.5 Pós-guerra - Premiações e Barreiras.....	41
5.2 CRIAÇÃO E APRESENTAÇÃO DOS MATERIAIS AUDIOVISUAIS ELABORADOS.....	43
5.2.1 Pré-Produção.....	43
5.2.2 Produção.....	46
5.2.3 Pós-Produção.....	47
5.2.4 Contribuições para o Ensino de Ciências e de Química e a compreensão da ciência e do fazer ciência.....	49
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
7 REFERÊNCIAS.....	53

APÊNDICE A - Roteiro do vídeo “Biografia de Lise Meitner - Infância e a Educação De Mulheres No Século XIX Mulheres na Ciência #1”	57
APÊNDICE B - Roteiro do vídeo “Biografia de Lise Meitner - Fissão Nuclear, Bomba Atômica e Prêmio Nobel Mulheres na Ciência #2”	63
APÊNDICE C - Roteiro do vídeo “Lise Meitner - Tabela Periódica, Protactínio e Elementos Transurânicos Mulheres na Ciência #3”	70

1 INTRODUÇÃO

Historicamente as mulheres tiveram menos acesso à escola do que os homens. Nesse sentido, até o século XIX, na Europa, elas eram proibidas de acessarem as universidades, reflexo de uma sociedade machista e patriarcal, na qual o homem era o “provedor” da família, enquanto as mulheres eram destinadas às tarefas domésticas e maternais. As marcas machistas da sociedade podem influenciar desde a escolha profissional de jovens e adolescentes até a valorização e seu prestígio profissional (PINTO; CARVALHO; RABAY, 2017).

Para entender essas representações de homens e mulheres na sociedade, foram desenvolvidos os Estudos de Gêneros (LETA, 2014). Cabe ressaltar a diferença entre sexo e gênero, enquanto o primeiro refere-se ao biológico, o segundo considera o que é socialmente construído, isto é, “falar de gênero é estudar tudo que está envolto em uma dinâmica sócio-cultural construída com relação aos papéis de cada gênero naquele contexto” (AGUILAR et al., 2016, p. 3).

Desdobramentos do Estudo dos Gêneros possibilitam investigações acerca da temática “mulheres na ciência” que, em âmbito internacional, vem sendo discutida em trabalhos científicos há mais de quatro décadas (LETA, 2014). Soares (2001), ao analisar literaturas internacionais, sobretudo de países europeus, americanos e africanos, constatou que o cenário brasileiro não é diferente de outros lugares do mundo e que, fenômenos sociais como o machismo e o marianismo¹, também se fazem presentes na profissão científica do país. Neste âmbito, “o marianismo complementa perfeitamente o machismo, estimulando a divisão das funções sociais entre os dois sexos de modo que aos homens cabem as atividades públicas e de produção de riquezas e às mulheres cabem as atividades privadas e de procriação” (SOARES, 2001, p. 284).

Esse cenário imposto pelo machismo e o marianismo propicia a baixa participação feminina nas áreas de ciência e tecnologia e pode trazer impactos negativos à produção de riqueza de uma nação e ao desenvolvimento da sociedade. Quando se exclui aproximadamente metade da população mundial, desperdiçam-se recursos humanos que poderiam contribuir com soluções altamente qualificadas e, do ponto de vista da diversidade,

¹ Segundo Soares (2001), o marianismo é definido como uma construção social que considera a maternidade como o principal papel social da mulher e que defende que as mulheres possuem obrigação em atuar como guardiã dos valores morais da família.

com diferentes abordagens para um determinado problema. Ao passo que, a presença das mulheres nessas áreas possibilita transformações sociais e econômicas favoráveis (SOARES, 2001). Conforme a autora complementa:

Em um contexto de globalização econômica e políticas nacionais de incentivo à crescente competitividade por novos mercados, este pode ser um fator limitante para o desenvolvimento científico e conseqüentemente para a produção de riquezas em uma nação visto que, desde a Revolução Industrial, descobertas científicas e tecnológicas historicamente vem sendo a mais importante ferramenta no acúmulo de bens pelos chamados países desenvolvidos (SOARES, 2001, p. 283).

Desde 2014, a paridade de gênero foi alcançada entre estudantes da educação primária e secundária em todo o mundo. Na educação superior, a matrícula de mulheres praticamente dobraram entre 2000 e 2014, a ponto de que, a nível mundial, as estudantes mulheres são maioria quando se trata de graduação e mestrado. Contudo, “a porcentagem de mulheres que continuam no nível de doutorado cai mais de 7%, quando comparada às matriculadas no mestrado” (BRASIL, 2018, p. 18). Além disso, quando se volta a atenção para as áreas das ciências exatas, tecnologia, engenharia e matemática, há disparidade de gênero em todos os níveis de ensino. Nessas áreas, as mulheres representam apenas 35% dos estudantes destas áreas (BRASIL, 2018).

Destaca-se que, apesar da maior universalidade no acesso, fatores socioeconômicos e culturais em determinados contextos ainda são obstáculos para que meninas e mulheres gozem integralmente da equidade na educação. A desigualdade entre os gêneros é ainda mais evidente na carreira científica. Conforme explana Olinto (2011, p. 71):

O distanciamento entre os homens e as mulheres na ciência é um processo que envolve diversos tipos de ganhos que beneficiam os homens: a promoção, a obtenção de bolsas de estudo, a ocupação de cargos de chefia ou liderança, assim como os ganhos salariais. [...] No ambiente científico, criam-se vários tipos de barreiras para as mulheres, que dificultam a sua progressão profissional. Muitos destes mecanismos não seriam percebidos ou conscientizados pelas próprias mulheres. Trata-se de comportamentos culturalmente enraizados e internalizados por aqueles que estão atuando no campo científico, o que significa que as próprias mulheres podem estar contribuindo para a sua perpetuação.

Os mecanismos destacados no trecho acima evidenciam a segregação vertical, também conhecida como “teto de vidro”. Na academia, por exemplo, enquanto as bolsas de iniciação científica, mestrado e doutorado acompanham a proporção de gênero desses níveis de ensino, as bolsas de produtividade (que estão em um nível mais alto hierarquicamente) possuem uma

maior participação masculina. Enquanto a segregação horizontal, também conhecida como segregação ocupacional, se dá já na adolescência, durante a fase de escolha profissional (OLINTO, 2011).

A invisibilidade² das mulheres que contribuíram para o desenvolvimento científico ainda se faz presente, apesar dos avanços durante os últimos séculos. Quando se volta o olhar para a história da química, nota-se que não foi diferente com a história contada sobre o desenvolvimento da Tabela Periódica, contexto de estudo deste trabalho. Sendo assim, comumente nos livros o que se retrata é uma ciência desenvolvida por homens brancos e europeus.

Nesse sentido, fica evidente o quanto é necessário “questionar os padrões impostos pela sociedade e promover o diálogo sobre questões concernentes às relações de poder, de opressão, entre outros problemas presentes em nossa sociedade” (NOGUEIRA; ORLANDI; CERQUEIRA, 2021, p. 7). Dessa forma, contribuir para que a igualdade de gênero seja alcançada em todas as esferas, inclusive na carreira científica.

Na literatura que retrata o desenvolvimento histórico da Tabela Periódica, evidencia-se uma predominância masculina. Ora, onde estão as mulheres que fizeram parte dessa história? Nos livros, artigos e teses encontram-se estudos relacionados principalmente a Marie e Irène Curie, mas porque são tão poucas, quase invisíveis, quando comparadas ao número de homens que têm seus estudos reconhecidos e divulgados?

Na ciência constata-se, que há muitas mulheres cientistas que tiveram seus estudos não reconhecidos ou pouco divulgados, pelo fato de serem propostos por mulheres (IGNOTOFSKY, 2017). Em consonância, acredita-se que a produção de estudos que se debruçam a discorrer sobre mulheres cientistas pode ser uma importante ferramenta para estimular mulheres e meninas que desejam seguir a carreira científica. Destaca-se que neste estudo não se pretende omitir ou romantizar os obstáculos enfrentados pelas mulheres durante suas trajetórias. Ao contrário disso, revelar momentos de preconceito e de invisibilidade dessas mulheres é o ponto central deste trabalho, segundo destacam as pesquisadoras Derossi e Faria (2021, p. 2):

Pode-se perceber que nas poucas situações em que os nomes ou imagens de cientistas mulheres são mencionados estão acompanhados apenas das suas

² Neste trabalho, utilizou-se o termo invisibilidade para referir-se à omissão da participação feminina na história que é contada da ciência.

realizações na ciência, podendo-se dizer que trazem uma visão historiográfica de cunho internalista, excluindo as dificuldades transpostas. Em alguns casos, estão entremeados de especulações e maledicências sobre a vida pessoal da personagem.

Conforme Derossi e Faria (2021), há pouca discussão e publicações de trabalhos que permeiam a presença de mulheres nas ciências exatas e, conseqüentemente, na química não é diferente. Além disso, há trabalhos que abordam apenas as questões que perpassam a biografia das cientistas, sem envolver as questões sexistas da época.

Nesse sentido, acredita-se que a produção de materiais de divulgação científica e recursos didáticos que discutam sobre mulheres cientistas, pode contribuir para retirar essas mulheres da invisibilidade e inspirar outras a seguirem a carreira científica. Sendo assim, este trabalho apresenta um material audiovisual de divulgação científica sobre a vida pessoal e a contribuição de Lise Meitner na produção científica e no desenvolvimento da Tabela Periódica. Dessa forma, acredita-se que esse material pode contribuir para a ressignificação histórica do papel da mulher no desenvolvimento da ciência.

De acordo com o exposto, o problema de pesquisa perpassou a seguinte questão: Qual foi a trajetória pessoal e profissional de Lise Meitner e de que forma a sua história se conecta à Tabela Periódica? Cabe ressaltar que não foi o foco deste trabalho fazer um detalhamento sobre a Tabela Periódica, mas sim trazer de que forma a história de Lise Meitner se conecta a história da Tabela Periódica.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Produzir um material audiovisual de divulgação científica sobre a trajetória pessoal e profissional de Lise Meitner, evidenciando sua contribuição para o desenvolvimento da ciência e da Tabela Periódica, atrelando às questões de gênero.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Discorrer sobre a invisibilidade de Lise Meitner, permeando as questões de gênero na ciência.
- Investigar a contribuição de Lise Meitner na construção da Tabela Periódica e do conhecimento científico a partir da História da Ciência.
- Disponibilizar o material audiovisual produzido em uma plataforma de compartilhamento de vídeos, como o YouTube.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 TABELA PERIÓDICA E A HISTÓRIA CONTADA - UM OLHAR SOBRE GÊNERO E CIÊNCIA

Louro (2003), em seu livro “Gênero, sexualidade e educação: Uma perspectiva pós-estruturalista”, debruça sobre as concepções de gênero e sexo. Segundo a autora, “as palavras têm história, ou melhor, [...] elas fazem história” (LOURO, 2003, p. 14) e não poderia ser diferente. A partir do movimento feminista anglo-saxão, *sex* passou a se diferenciar de *gender*, enquanto o primeiro prioriza o biológico, para compreender e justificar as diferenças entre homens e mulheres, o segundo enfatiza a construção social e histórica produzida a partir das características biológicas (LOURO, 2003).

Quando se coloca o debate, da perspectiva biológica para a social, é possível entender o gênero como constituinte da identidade do sujeito, assim como a etnia, a classe, a nacionalidade, entre outras. Identidades estas que são múltiplas e transitórias e, evidencia-se também, que trata-se de uma via de mão dupla: não só o gênero é constituinte da identidade do sujeito como também “diferentes instituições e práticas sociais são constituídas pelos gêneros” (LOURO, 2003, p. 25). Nesse sentido, tem-se como ponto de partida o campo social, uma vez que é nele que se constroem as relações (de desigualdade) entre os sujeitos. Conforme a autora:

É necessário demonstrar que não são propriamente as características sexuais, mas é a forma como essas características são representadas ou valorizadas, aquilo que se diz ou se pensa sobre elas que vai constituir, efetivamente, o que é feminino ou masculino em uma dada sociedade e em um dado momento histórico. Para que se compreenda o lugar e as relações de homens e mulheres numa sociedade, importa observar não exatamente seus sexos, mas sim tudo o que socialmente se construiu sobre os sexos (LOURO, 2003, p. 21).

Dessa forma, não faz sentido abordar o tema “homem” ou “mulher”, sem considerar o contexto histórico, social, político e geográfico no qual esses sujeitos são ou foram submetidos. Quando se trata da História da Ciência, por exemplo, é inegável que as mulheres nem sempre tiveram as mesmas oportunidades que homens de acessarem recursos da sociedade, sendo constantemente privadas à educação e a participar de decisões de caráter

público e coletivo. Ainda assim, é possível encontrar, ao longo da história, diversas mulheres que enfrentaram barreiras e lutaram contra estereótipos para estudar, trabalhar e participar ativamente em diversos campos da sociedade. Em consonância, Hipátia, Marie Curie e Rosalind Franklin, entre outras, são alguns dos poucos nomes mais conhecidos entre vários (quase desconhecidos) que mostraram que as mulheres contribuem para a construção do conhecimento e para a produção intelectual (IGNOTOFSKY, 2017).

Apesar disso, nota-se a predominância masculina não só nas ciências naturais e exatas, mas também em diversas outras áreas, como, por exemplo, nas artes, na filosofia e na política (CHASSOT, 2017). Não raro e nem coincidentemente, pregou-se ao longo da história, que as mulheres eram menos inteligentes ou menos capazes biologicamente. Quando se pesquisa a respeito desse assunto, identifica-se que as mulheres nem sempre tiveram permissão para serem alfabetizadas, para acessarem à universidade, para publicarem artigos científicos, entre outros. Além disso, muitas mulheres cientistas não tinham suas pesquisas reconhecidas, nem sequer recebiam investimentos ou local apropriado para trabalharem (IGNOTOFSKY, 2017).

Os muros construídos pela sociedade machista, levaram diversas mulheres a assumirem pseudônimos para terem seu(s) livro(s) lido(s) e aceito(s) pela comunidade científica e/ou literária. Outras, tiveram sua propriedade intelectual roubada e/ou publicada por cientistas homens (IGNOTOFSKY, 2017). O que revela o sexismo envolta do conhecimento científico produzido por mulheres e da urgente necessidade de produção de recursos didáticos e de divulgação científica que deem visibilidade a essas discussões, mas principalmente a essas mulheres cientistas e suas contribuições para o desenvolvimento científico.

No que tange à construção da Tabela Periódica, grande parte da história contada relaciona-se à uma visão de ciência predominantemente masculina. É comum, por exemplo, deparar-se com a história do *Tratado Elementar da Química*, escrito em 1789, por Antoine L. Lavoisier (1743-1794). Também surge o nome de John Dalton (1766-1844), que retomou a ideia de “átomos” como unidade fundamental da matéria, em uma tentativa de explicar fatos empíricos já observados (TOLENTINO; ROCHA-FILHO; CHAGAS, 1997). Além de outros nomes como Johann W. Döbereiner (1780-1849), que foi o primeiro a perceber que poderia haver uma relação entre os pesos atômicos³ e as propriedades dos elementos químicos,

³ Cabe ressaltar que, na época, o que se entendia por “peso atômico” é o que atualmente entende-se como “massa atômica relativa” (TOLENTINO; ROCHA-FILHO; CHAGAS, 1997)

levando-o a organizar os elementos de propriedades semelhantes naquilo que chamou de “tríades” - isto é, sequências de três. Há ainda outros cientistas que fizeram significativas contribuições, tais quais Alexandre E. V. de Chancourtois (1820-1886) - que organizou os elementos químicos em uma espiral cilíndrica conhecida como “Parafuso Telúrico” - e John A. R. Newlands (1837-1898) - cujo a teoria proposta de sistematização dos elementos ficou conhecida como a “Lei das Oitavas”. Julius Lothar Meyer (1830-1895) desenvolveu, em 1869, uma tabela com 52 elementos, apresentando uma curva de volume atômico contra peso atômico, evidenciando a periodicidade entre os elementos. (LIMA; BARBOSA; FIGUEIRAS, 2019). Outro cientista reconhecido na História da Ciência foi Dmitri Ivanovic Mendeleiev (1834-1907) que “chegou a um grau de precisão científica que seus contemporâneos não atingiram e talvez por isso a “lei periódica das propriedades dos elementos” e [...] a tabela acabaram ficando indelevelmente ligadas ao seu nome” (TOLENTINO; ROCHA-FILHO; CHAGAS, 1997, p. 106).

Comumente o caráter multifacetado que perpassa a História da Ciência é negligenciado. O que faz com que a história contada se restrinja aos conceitos principais e teorias, deixando de lado o trabalho experimental e observações que levaram a um determinado entendimento teórico. E é nesse âmbito, geralmente esquecido, que diversas mulheres se fizeram presentes com importantes contribuições para a construção da Tabela Periódica - atuando como: tradutoras de trabalhos científicos; autoras de livros e disseminadoras do conhecimento; colaboradoras; assistente de pesquisa; professoras; e, pesquisadoras em laboratórios e indústrias (LYKKNES; VAN TIGGELEN, 2019).

Uma das mulheres mais citadas em livros de química - cujo reconhecimento não veio por seus feitos, mas sim por seu casamento - é Marie-Anne Pierrette Paulze Lavoisier (1758-1836). Sendo reconhecida por ser “a esposa de Lavoisier”, Marie-Anne comumente não têm suas contribuições para a ciência abordadas (CUNHA; CORRÊA, 2018). Marie-Anne foi assistente de laboratório, bibliotecária, confidente científica, ilustradora, editora e tradutora. Ela costumava trocar correspondências sobre assuntos químicos e tecnológicos e, devido sua habilidade linguística, fez traduções de obras internacionais, nas quais acrescentava críticas em notas de rodapés, inclusive indicando erros na pesquisa que traduziu. Além disso, Marie-Anne atuou como designer de diversos instrumentos científicos criados no laboratório Lavoisier no Arsenal, como o gasômetro. Nos desenhos feitos por ela, nos quais são retratados os pesquisadores e assistentes do laboratório, é possível identificar a própria Marie-Anne

observando e registrando os dados do experimento. Tais desenhos são as primeiras representações de uma mulher inserida em um grupo de pesquisa (PATIÑO et al., 2014).

O trabalho de Marie-Anne foi decisivo para a publicação do “*Tratado Elementar da Química*”, em que ilustrou com precisão os instrumentos e equipamentos de laboratório utilizados, auxiliando para que outros cientistas pudessem construir instrumentos semelhantes. Ela também manteve registros precisos dos procedimentos, dando validade às conclusões publicadas pelo marido (PATIÑO et al., 2014). Foi a partir do livro publicado, que Antoine Lavoisier e sua equipe, na qual pode-se agora perceber que Marie-Anne fez parte, propuseram um conjunto de regras para nomenclatura de compostos. Lavoisier também apresentou uma tabela com 33 elementos, apesar de que nem todos são considerados atualmente. O próprio conceito atual de elemento químico foi sendo consolidado a partir de ideias propostas por Lavoisier (CHAGAS, 1997; LYKKNES; VAN TIGGELEN, 2019; TOLENTINO; ROCHA-FILHO).

A tabela de elementos proposta por Lavoisier serviu como base para que Jane Marcet (1769-1858) pudesse fornecer uma lista ainda mais completa dos elementos conhecidos. Jane contribuiu para a história da Tabela Periódica escrevendo um livro de química em forma de diálogo destinado às mulheres e meninas. Assim como muitas escritoras mulheres, a primeira edição do livro foi publicada anonimamente. Seus escritos eram bastante atualizados. Além dos elementos propostos na tabela de Lavoisier, Marcet também contemplou outros elementos que haviam sido recém-descobertos na época, como sódio (Na), potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca), estrôncio (Sr), bário (Ba), cério (Ce), tório (Th), selênio (Se), silício (Si), zircônio (Zr), lítio (Li), lantânio (La), érbio (Er), térbio (Tb), vanádio (V), ródio (Rh), paládio (Pd), ósmio (Os), irídio (Ir) e o colombo - mais tarde reconhecido como nióbio (Nb). Seu livro foi bastante popular, tendo 16 edições britânicas, ao menos 23 americanas e sendo traduzido para o francês, italiano e alemão (LYKKNES; VAN TIGGELEN, 2019).

Apesar da platina (Pt) ser conhecida desde a antiguidade, o seu grupo foi completado a partir de descobertas que se deram apenas nos primeiros anos do século XIX (LIMA; BARBOSA; FIGUEIRAS, 2019). Mendeleiev e seus contemporâneos enfrentavam dificuldades para organizar todos os elementos conhecidos. Visto que os elementos pertencentes ao grupo da platina possuíam propriedades e pesos atômicos bastante similares, era necessário que essas substâncias fossem preparadas em seu estado mais puro para obter um valor mais preciso de peso atômico. Foi Julia Lermontova (1847-1919) que, realizando

uma repetição precisa de procedimentos analíticos, contribuiu para encontrar um local adequado para os elementos do grupo da platina na Tabela Periódica. Seus trabalhos permaneceram desconhecidos por quase 100 anos, mas foram encontrados nos manuscritos de Mendeleiev. Lermontova, nasceu na Rússia e foi a primeira mulher a obter um doutorado em química na Alemanha, em 1874 (LYKKNES; VAN TIGGELEN, 2019).

No que tange à descoberta de elementos químicos, desde as primeiras civilizações havia conhecimentos de elementos encontrados na natureza de forma elementar - como prata (Ag) e ouro (Au), por exemplo. Em seguida, metais que podiam ser reduzidos a seus compostos naturais utilizando processos simples, como o estanho (Sn), também haviam sido descobertos. Aos poucos, conforme a ciência foi sendo desenvolvida, novos elementos acabaram sendo descobertos. Por exemplo, a invenção da pilha elétrica - feita por Alessandro Volta (1745-1827) em 1800 - permitiu isolar elementos por meio da eletroquímica e ocasionou na descoberta dos metais alcalinos e alcalinoterrosos (LIMA; BARBOSA; FIGUEIRAS, 2019). Os elementos químicos como o rênio (Re), polônio (Po), astato (At), radônio (Rn), frâncio (Fr), rádio (Ra), protactínio (Pa), seabórgio (Sg), nihonium (Nh), fleróvio (Fl), moscóvio (Mc), livermório (Lv), tenesso (Ts) e oganesson (Og) tiveram mulheres diretamente envolvidas em suas descobertas (BRASIL, 2020).

Estudos inéditos feitos por Marie Sklodowska Curie (1867-1934), Pierre Curie (1859-1906) e Antoine Henri Becquerel (1852-1908) provindos do descobrimento da radioatividade abriram novas possibilidades para a descoberta de elementos (LIMA; BARBOSA; FIGUEIRAS, 2019). Conforme Cunha e Corrêa (2018), no ano de 1898 o Polônio (Po) foi descoberto por Marie e o Rádio (Ra) pelo casal Marie e Pierre Curie. Marie foi a primeira mulher a ser laureada com o prêmio Nobel e a primeira pessoa a fazê-lo duas vezes (FARIAS, 2001).

O rênio (Re) foi descoberto por Ida Tacke (1896-1978), Walter Noddack (1893-1960) e Otto Berg (1873-1939), em 1925 (CUNHA; CORRÊA, 2018). O isolamento deste elemento tão raro foi um trabalho exaustivo. Apesar do anúncio da descoberta deste elemento ter sido feita em 1925, foi somente em 1929 que se obteve 120 mg de rênio (Re) puro e foi feita a primeira medição de seu peso atômico. Para que pudessem isolar o elemento, Ida e Walter identificaram locais que provavelmente teriam minérios ricos em rênio e fizeram algumas viagens para extraí-los (LYKKNES; VAN TIGGELEN, 2019).

Marguerite Catherine Perey (1909-1975) também teve sua contribuição na descoberta de novos elementos químicos. No início de sua carreira, Marguerite teve o privilégio de atuar como assistente no laboratório de Marie Curie. Nesta época, a Madame Curie e seus colaboradores trabalhavam na preparação de fontes puras dos descendentes de actínio (Ac) e a espectroscopia magnética de suas radiações alfa (α). O actínio estava misturado às terras raras, necessitando de um processo repetitivo que envolvia cristalizações e vaporizações ou até mesmo precipitações fracionárias. Além disso, a série actínio é composta por isótopos de curta duração, sendo por vezes necessário separá-los em questão de minutos. Após o falecimento de Marie Curie, Marguerite foi chefiada por André Debierne, o novo Diretor do *Institut du Radium* e Irène Joliot – Curie (1897–1956). Em seus trabalhos, Marguerite descobriu um novo elemento, o qual ela nomeou inicialmente como *Actinium K*. Mais tarde, a própria Marguerite nomeou o elemento 87 como frâncio (Fr) (ADLOFF; KAUFFMAN, 2005).

A descoberta do frâncio (Fr) e de tantos outros elementos radioativos só foi possível devido aos novos estudos sobre os isótopos e as emissões de partículas radioativas (emanações). Em 1913, Frederick Soddy (1877-1956) havia sugerido a existência de um mesmo elemento químico com diferentes números de massa. Foi sua amiga Margaret Todd que, durante um jantar, sugeriu o nome de “isótopos” a estes elementos (TOLENTINO; ROCHA-FILHO; CHAGAS, 1997). Neste campo, um importante trabalho foi feito por Stefanie Horovitz que, ao separar exaustivamente amostras puras de chumbo (Pb) radioativo de minérios de urânio (U) e realizar medições gravimétricas de seus pesos atômicos, forneceu provas oficiais para o conceito de isótopos pela primeira vez (LYKKNES; VAN TIGGELEN, 2019).

Outro estudo importante para o desenvolvimento da química e da Tabela Periódica foi o fato de haver dois tipos de radioatividade (a natural e artificial) feita por Irène Joliot – Curie, que abriu caminho para que, anos depois, Lise Meitner (1878-1968), Otto Hahn (1879-1968), Friedrich Wilhelm “Fritz” Strassmann (1902-1980) e Otto Robert Frisch (1904-1979) realizassem estudos relacionados a fissão nuclear. Esta história está diretamente envolvida com a extensão da Tabela Periódica e a síntese de elementos transurânicos (LIMA; BARBOSA; FIGUEIRAS, 2019). Clarice Phelps e Dawn Shaughnessy são cientistas mulheres envolvidas na descoberta de elementos sintéticos, como o tenesso (Ts) - em que

ambas participaram da descoberta - e também o fleróvio (Fl), moscóvio (Mc), livermório (Lv) e oganesson (Og) no qual Dawn foi co-descobridora (BRASIL, 2020).

Como visto nos parágrafos anteriores, foram várias as mulheres que contribuíram para o desenvolvimento da Tabela Periódica. Dentre tantas, a proposta deste trabalho é traçar um olhar sobre as contribuições de Lise Meitner para a Tabela Periódica. Mais adiante neste trabalho, a trajetória pessoal e profissional dessa mulher cientista será contada com maiores detalhes.

3.2 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E O USO DE RECURSOS AUDIOVISUAIS

A divulgação científica (DC) está presente desde o surgimento da ciência moderna (SILVA, 2006). Apesar disso, ainda não há consenso quanto à sua definição. Albagli (1996) ao citar Bueno (1985) define a DC como a utilização de recursos e processos para promover a comunicação da informação científica ao público em geral. Assim sendo, a DC pode ser compreendida como “a tradução de uma linguagem especializada para uma leiga” (ALBAGLI, 1996, p. 397). Conforme Albagli (1996) complementa, o papel da DC pode estar vinculado a diferentes objetivos, tais como: educacional (busca transmitir informação, esclarecer conceitos e estimular a curiosidade); cívico (visa desenvolver a opinião pública quanto aos impactos da ciência e da tecnologia na sociedade); e, de mobilização popular (busca ampliar as possibilidades de participação ativa na sociedade por meio da cidadania).

Silva (2006) sugere que a comum formulação de que a DC fosse uma mera transmissão do conhecimento científico para o público leigo a restringiria à uma atividade unidirecional entre o cientista (ou jornalista) e o não-cientista. Silva (2006) faz uma crítica a esta definição, questionando a oposição entre os dois sujeitos envolvidos: o produtor do conhecimento e o consumidor. Sendo o primeiro considerado autoridade legitimada, enquanto o segundo uma página em branco, sem nenhum conhecimento científico. Neste sentido, a definição do autor para DC compreende as relações entre conhecimento, poder, circulação e acesso. E, “esse controle tem a ver, simultaneamente, com o modo como o conhecimento científico é produzido, com o modo como ele é formulado e com o modo como ele circula” (SILVA, 2006, p. 59). Neste ponto de vista, a DC também está vinculada à configuração de sentidos, posições de leitura e de interlocuções que constituem o tecido social, havendo,

portanto, uma hierarquização de *status* e diferenciação entre produtores e consumidores de conhecimento.

Caldas (2011) enfatiza que a definição de divulgação científica está atrelada aos conceitos atribuídos à Comunicação Pública da Ciência. Esta última, por sua vez, pode ser entendida a partir de quatro modelos: “modelo do *déficit*” (disseminar informações ao público leigo); “modelo contextual” (preocupa-se com a valorização de saberes prévios, entretanto as informações continuam unidirecionais, não oferecendo elementos para uma visão política e crítica da ciência); “experiência leiga” (trata-se de um modelo mais dialógico e democrático que os anteriores, pois já reconhece o conhecimento, saberes, histórias, crenças e valores dos sujeitos e eventuais falhas da ciência); e, “participação pública” (que além de reconhecer, também valoriza a opinião pública e sua participação na tomada de decisões que envolvem ciência e tecnologia. Ou seja, caracteriza-se como um modelo dialógico por essência).

Rendeiro, Araújo e Gonçalves (2017) defendem um elo de união entre a DC e o Ensino de Ciências por meio de uma relação dialógica-comunicativa, compreendendo que o conhecimento acontece por meio da interação, da troca e do diálogo entre sujeitos. Os recursos audiovisuais podem ter potencialidade nesse processo de DC.

Os recursos audiovisuais podem ser entendidos como “resultado da interação de imagens, música, texto falado e efeitos sonoros, formando uma unidade expressiva indissolúvel, com ritmo, desenvolvimento, proposta editorial e duração previamente estabelecidos” (SILBINGER, 2005, p. 377). Para a autora, a identidade própria do audiovisual o torna singular e sedutor. E é esta sedução que faz dele uma potencialidade a ser desenvolvida também na educação formal, uma vez que:

Nos casos em que o ensino-aprendizado não é fomentado pela necessidade e pelo interesse, a tendência é que a informação seja retida meramente por memorização e, tão logo não haja cobrança, caia no esquecimento. [...] Projetando um filme, o professor pode resgatar no íntimo do aluno aspectos que não necessariamente estariam visíveis, mas que podem vir à tona com as emoções suscitadas pelo vídeo. O audiovisual trabalha exatamente nesta direção, tentando seduzir o receptor. O objetivo é oferecer ao público algo que ele busca ou de que necessita, proporcionando-lhe assim satisfação (SILBINGER, 2005, p. 377).

Sendo assim, utilizar os recursos audiovisuais no espaço escolar pode despertar o interesse e a curiosidade para determinada temática, promovendo experiências enriquecedoras, por meio de conhecimentos, sensações e emoções. Junto com isso, tem-se que

“a maneira como nos apropriamos das imagens técnicas pode redefinir os modos de ver e de ser visto” (PIRES, 2008, p. 21). Nesse sentido, reforça-se o quanto os recursos audiovisuais - sobretudo aqueles que promovem visibilidade e dão voz às minorias - são potenciais aliados na efetivação dos direitos humanos. Podendo, inclusive, contribuir para a ressignificação histórica do papel da mulher no desenvolvimento da ciência.

No âmbito do Ensino de Ciências, quando se fala de DC e de recursos audiovisuais, é fundamental que o divulgador estabeleça um processo dialógico com seu público, para que haja a transposição do conhecimento científico para o conhecimento ensinável, valorizando a opinião da população e seu direito de participar em decisões públicas (RENDEIRO; ARAÚJO; GONÇALVES, 2017). Nesse sentido, há a potencialidade para que a DC seja utilizada tanto nos espaços formais de ensino quanto nos não-formais.

O YouTube pode ser considerado um espaço de divulgação. Essa plataforma de compartilhamento de vídeos, foi fundada em 2005 e atualmente figura como uma das grandes mídias sociais. Essa dinâmica de compartilhamento de dados audiovisuais de diferentes áreas de concentração possibilita maior fluxo de informações e conseqüentemente uma maior sociabilidade. Esse recurso de compartilhamento, associado ao acesso da população à internet e a recursos eletrônicos, tem estimulado a produção e compartilhamento de vídeos, por meio de blogs, redes sociais e sites, resultando segundo Barbosa, Sepúlveda e Costa (2009) na “[...] articulação e colaboração não apenas entre pessoas, mas também entre empresas e outros tipos de entidades. Trata-se, portanto, de uma tendência que tende a se consolidar e a ser incorporada no dia-a-dia (sic) dos indivíduos e das organizações” (BARBOSA; SEPÚLVEDA; COSTA, 2009, p. 18).

Em consonância, acredita-se que o YouTube tem potencial de ser um sítio importante de divulgação científica. Ainda que seja um local no qual haja diferentes tipos de conteúdos circulando, reforçar a presença de conteúdos científicos e informativos no YouTube se faz necessário, uma vez que esta plataforma, se bem utilizada, possibilita a comunicação entre diferentes grupos (REALE, 2019). Isto porque o vídeo “se dissemina de forma processual e não-hierárquica no tecido social, confundindo os papéis de produtores e consumidores, podendo resultar daí um processo de troca e de diálogo não muito comum em outros meios” (PIRES, 2008, p. 16).

Sendo assim, neste trabalho produziu-se materiais audiovisuais de divulgação científica, para serem publicados na plataforma YouTube, que tenham potencialidade para serem utilizados como recursos didáticos para a educação básica.

4 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este estudo foi desenvolvido em dois momentos. No primeiro, foi realizada uma pesquisa documental fundamentada em fontes primárias e secundárias. Enquanto que, no segundo momento, foi realizada a produção de três recursos audiovisuais de divulgação científica para o YouTube sobre Lise Meitner e sua contribuição para o conhecimento científico, atrelando às questões de gênero na ciência.

As fontes utilizadas na pesquisa em História da Ciência podem ser caracterizadas como primárias e secundárias. As fontes primárias são materiais da época estudada escrito pelo sujeito investigado. Por exemplo, manuscritos produzidos por esse sujeito ou correspondências trocadas (MARTINS, 2005). As fontes primárias utilizadas neste trabalho foram os relatos publicados por Meitner (1964) e por Frisch (1970).

Enquanto que as fontes secundárias são estudos historiográficos e obras de apoio sobre o período ou sujeito investigado, como livros e artigos historiográficos recentes. Cabe também ressaltar que as fontes utilizadas não necessariamente tratam-se de materiais escritos, podendo também ser pinturas, desenhos, vídeos, gravações, entre outras (MARTINS, 2005).

Na pesquisa em História da Ciência, há a distinção entre as abordagens internalista e a externalista. Enquanto a perspectiva internalista se atenta exclusivamente ao conteúdo conceitual da ciência, como as evidências e fatos de natureza científica, a perspectiva externalista ocupa-se com os fatores extracientíficos, isto é, considerando as influências sociais, políticas e econômicas; os fatores psicológicos; entre outros (OLIVEIRA; SILVA, 2011).

Trata-se de um debate amplo e complexo, não sendo objetivo deste trabalho adentrar nessa discussão, contudo, ressalta-se que a perspectiva atual da historiografia da História da Ciência tem buscado utilizar elementos tanto da abordagem externalista quanto da internalista e é nesta vertente que esta pesquisa se debruçou, visto que “os debates entre estudos internalistas ou externalistas perdem o sentido, uma vez que ambos devem ser considerados” (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014, p. 38). Sendo assim, não pretendeu-se neste trabalho promover a biografia de Lise Meitner de maneira meramente descritiva, mas sim evidenciar o caráter multifacetado que perpassa a História da Ciência e, mais especificamente, a construção da Tabela Periódica, sem deixar de lado as contribuições científicas feitas por Lise.

Para produção audiovisual sobre a história da Lise, foram construídos roteiros e adotou-se o formato de vídeos “YouTuber”. Conforme Montezano e Coutinho (2019), neste formato o locutor se dirige diretamente ao seu interlocutor, fazendo uso de uma linguagem coloquial, “o que leva seu espectador a identificá-lo e colocá-lo na posição de uma espécie de amigo [...]. Nesse modelo, mesmo que não seja uma constante, essa mensagem é reforçada pelo cenário que é normalmente o quarto do YouTuber” (MONTEZANO; COUTINHO, 2019, p. 4-5). Ao analisar-se o quadro “Nostalgia Ciência” (do canal no YouTube “Nostalgia”), conclui-se que o dinamismo e a vivacidade do interlocutor podem ser aliados para promover um material atrativo de divulgação científica, uma vez que acumula bons índices de engajamento, gerando grande alcance dos conhecimentos ali disseminados. Além disso, a proximidade entre o divulgador e espectador beneficia o debate democrático em questões que permeiam a ciência (MONTEZANO; COUTINHO, 2019).

Tendo isso em vista, os três vídeos criados no formato “YouTuber” se caracterizam como *vlogs*, em que a criadora de conteúdos se dirige diretamente ao espectador. O processo de criação do material audiovisual foi desenvolvido em três etapas: na etapa de pré-produção, criou-se os roteiros de cada vídeo para estruturar de que forma a história de Lise Meitner seria contada e planejou-se detalhes concernentes ao vídeo, como o cenário. Durante a produção dos vídeos, foram realizadas as gravações e, na sequência - durante a pós-produção - o material foi editado pelo aplicativo *VN* para ser publicado no YouTube. Os aspectos concernentes à cada etapa da produção dos vídeos foram detalhados nos resultados deste trabalho, mais especificamente no item intitulado “Criação dos Materiais Audiovisuais”, deste trabalho.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando-se os objetivos traçados neste trabalho, inicialmente apresenta-se como resultado a história construída sobre a vida pessoal e profissional de Lise, atrelada às questões de gênero. Na sequência, discorre-se sobre o processo de criação dos vídeos e, por fim, as possíveis contribuições da história de Lise para o Ensino de Ciências e de Química.

5.1 A TRAJETÓRIA PESSOAL E PROFISSIONAL DE LISE MEITNER

Neste trabalho, foram utilizadas fontes primárias, como o relato de Meitner (1964) e de Frisch (1970), e fontes secundárias, como livros e artigos, para contar a história da vida pessoal e profissional de Lise Meitner, que foi construída considerando-se os temas: infância; acesso à educação formal; sua vida em Berlim; a Segunda Guerra Mundial e a descoberta da fissão nuclear; e, pós-guerra, reconhecimentos e barreiras.

5.1.1 Infância

Philipp Meitner (1838-1910) e Hedwig Meitner (1850-1924) tiveram oito filhos, sendo Lise Meitner a terceira filha do casal. No período em que os pais de Lise cresceram, houve na Áustria constantes lutas pelas liberdades individuais e pela autonomia nacional, o que resultou em uma série de leis constitucionais, como: tolerância religiosa e maiores liberdades relacionadas à educação, crença, expressão e imprensa. Tais aspectos impactaram diretamente a família de Lise, que possuía ascendência judaica (SIME, 1996).

Até meados do século XIX, as liberdades civis de judeus eram negadas no Império Austro-Húngaro, assim como acontecia em outras partes da Europa. Possuíam restrições de ordem econômica e, sobretudo na Europa Oriental, era comum os judeus serem confinados em determinadas regiões geográficas. A revolução de 1848 e, especialmente, a constituição de 1867 - que criou a Monarquia Dual Austro-Húngara - promoveram maior igualdade cívica para os austríacos judeus (VON MISES, 2018). Em consonância, o pai de Lise fez parte do primeiro grupo de homens judeus que teve permissão para estudar direito e exercer a advocacia (SIME, 1996). É importante destacar que a família de Lise não praticava o judaísmo.

Quando Lise Meitner nasceu, Viena era uma cidade heterogênea. A língua principal era a alemã, mas também haviam contingentes tchecos, húngaros, italianos, poloneses, croatas, ucranianos, entre outros. A população da capital da Áustria crescia desenfreadamente, sendo que parte considerável de seus habitantes havia recém-chegado (SIME, 1996). Como era o caso de diversos judeus que haviam migrado para Viena, principalmente a partir de 1860, quando as restrições de residência foram abolidas. Mesmo neste período, havia uma tensão entre estes contingentes e o povo judeu. Os judeus eram considerados pelas demais nacionalidades como apoiadores cegos do imperador Habsburgo, que havia concedido aos judeus garantias de igualdade perante a lei (VON MISES, 2018).

Conforme Marques (2015), a data de nascimento que está registrada nos documentos de Lise Meitner é 07 de novembro de 1878. Porém, no círculo judaico, o registro se dá como 17 de novembro do mesmo ano. Lise nasceu no apartamento da família, no segundo distrito de Viena (SIME, 1996). No final do século XIX, os judeus correspondiam a 30% da população do Distrito II, localizado às margens do rio Danúbio (VON MISES, 2018). Apesar da família numerosa, Lise e seus irmãos tiveram uma infância confortável, com acesso a livros e aulas de música (SIME, 1996). Um retrato de Lise e seus irmãos pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 - Lise Meitner (com uma boneca no centro) e seus irmãos, em 1887



Fonte: RIFE (1999)

A música tinha sua devida importância na Viena Imperial, que era famosa por suas óperas. A mãe de Lise - que sempre incentivava os filhos a pensarem por si próprios - foi

quem introduziu o piano na vida da filha. O pai de Lise, por sua vez, contratou tutores que ensinaram à ela muito sobre matemática (RIFE, 1999). Certa vez, sua avó havia dito que não se costurava aos sábados, ou então o céu cairia. Tendo uma curiosidade aguçada, Lise experimentou costurar neste dia e refutou a teoria da avó (SIME, 1996).

Philipp e Hedwig incentivaram tanto a educação dos filhos como das filhas. Lise se sentia grata pela atmosfera intelectual e pelo ambiente estimulante em que ela e seus irmãos haviam sido criados. A casa de Lise era frequentada por pessoas interessantes, como escritores, jogadores de xadrez, legisladores e advogados. Discutiam-se, sobretudo, política. Lise e seus irmãos muitas vezes participavam desses encontros, como ouvintes (SIME, 1996; RIFE, 1999).

5.1.2 Acesso à Educação Formal

Na Áustria do século XIX, havia distinção quanto ao acesso à educação por meninas e meninos. Os meninos que possuíam maior desempenho escolar tinham permissão para frequentar o ginásio e prestar o *Matura* (um exame final necessário para acessar às universidades). Como as meninas eram proibidas de acessarem a universidade, o ensino secundário para mulheres era mais enxuto (SIME, 1996).

Durante o ginásio, os meninos frequentavam disciplinas como: grego e latim; matemática e física; botânica; zoologia; mineralogia; psicologia; lógica; religião; literatura alemã; história; entre outras. Enquanto à educação secundária a que Lise teve acesso englobou desenho, história, geografia, ciências, francês, ginástica, canto e “trabalho manual feminino” (SIME, 1996). Nas escolas de Viena, a álgebra, por exemplo, não era um assunto considerado necessário para meninas aprenderem (RIFE, 1999). Conforme a própria Lise relatou, anos mais tarde:

Embora eu tivesse uma inclinação muito acentuada para matemática e física desde meus primeiros anos, não comeci imediatamente uma vida de estudos. Isso se deveu em parte às ideias que então eram geralmente mantidas em relação à educação das mulheres e em parte às circunstâncias especiais de minha cidade natal, Viena. (MEITNER, 1964, p. 2, tradução nossa)

Lise concluiu o ensino secundário aos 14 anos e, como estava escrito no seu último boletim, fora “liberada de mais escolaridade”. Mais tarde, como veremos adiante, Lise teve acesso às disciplinas que eram permitidas aos meninos no ginásio - foram oito anos de educação escolar condensados em dois (SIME, 1996).

Após finalizar a educação secundária, o comum era que meninas austríacas ajudassem no trabalho do lar. Contudo, assim como suas irmãs e irmãos, Lise continuou seus estudos. Nessa época, a única possibilidade para uma menina seria frequentar uma instituição particular e, mais tarde, lecionar uma disciplina que não fosse necessário um diploma universitário. Por isso, Lise escolheu estudar francês (SIME, 1996).

No final do século XIX, havia na Áustria constantes lutas pelas causas femininas, como o acesso de mulheres às universidades e maior qualidade na educação secundária de garotas. O divisor de águas, contudo, foi que a Áustria precisava de mulheres médicas (até então, recrutavam médicas estrangeiras) (SIME, 1996). Em 1899, o Império Austríaco havia legalizado o acesso à educação universitária por mulheres e permitiu que as mulheres ingressassem ao ensino superior mesmo sem ter o diploma do ginásio (RIFE, 1999).

Dessa forma, as mulheres tiveram, primeiramente, acesso às faculdades de filosofia (letras e ciências) e, em seguida, à universidade de medicina (SIME, 1996). Mesmo com as novas mudanças, Lise foi aconselhada pelo pai a concluir o curso de francês antes de adentrar à educação superior. Dessa forma, ela teria uma habilidade garantida para poder se sustentar financeiramente (RIFE, 1999).

Lise passou dois anos frequentando aulas intensivas das disciplinas que não teve acesso na educação secundária e, em julho de 1901, foi uma das quatro garotas aprovadas no *Matura* (exame para ingressar ao ensino superior). Em outubro do mesmo ano, a jovem ingressou na Universidade de Viena. Devido ao seu forte interesse pelas causas sociais, Lise cogitou estudar medicina e ter a matemática e a física como um hobby. Seu pai, contudo, impediu a filha de fazer uma escolha que, mais tarde, a mesma julgaria ser incorreta (SIME, 1996).

Lise tinha receio de que estava atrás intelectualmente de seus colegas, afinal não havia tido a mesma educação secundária que seus pares homens. A fim de recuperar “o tempo perdido” - ou melhor, a falta de acesso à educação secundária que as meninas tinham à época - Lise matriculou-se em disciplinas como física, química, cálculo e botânica. Além disso, dedicava 25 horas semanais para participar de palestras, aulas de laboratórios e encontros de

discussão (SIME, 1996). Certa vez, o professor de cálculo Gegenbauer (1849-1903) pediu à Lise que encontrasse um erro no trabalho de um matemático italiano. Com a assistência do professor, Lise encontrou o erro. O professor sugeriu que a aluna publicasse o que havia feito. Lise, conforme relatou mais tarde, sentia que era errado fazê-lo. Contudo, foi neste momento que Lise percebeu que gostaria de cursar física e não matemática (MEITNER, 1964).

A Universidade de Viena era constituída por prédios avulsos que se espalhavam entre as residências e comércios do bairro. O Instituto de Física que Lise frequentava tinha uma estrutura material degradada, porém a qualidade de ensino e pesquisa que oferecia era bastante alta. Um dos professores de Lise, chamado Exner (1849-1926), havia concedido ao casal Marie e Pierre Curie resíduos de minério de urânio. O casal então forneceu a Exner amostras de rádio enriquecida. Isso fez de Viena um centro inicial de pesquisas no campo da radioatividade (SIME, 1996).

A partir do segundo ano de estudos universitários, o currículo de Lise era lotado por disciplinas de física ensinadas por Ludwig Boltzmann (1844-1906), um físico teórico conhecido por suas contribuições para o conhecimento termodinâmico (RIFE, 1999). Dentre as disciplinas que cursou a partir do segundo ano, estavam: eletricidade e magnetismo; mecânica analítica; acústica; ótica; elasticidade e hidrodinâmica; termodinâmica e teoria cinética dos gases; física matemática e também um curso de filosofia da ciência. Lise sentia que pertencia à comunidade criada por Boltzmann, que tinha as alunas mulheres como algo natural (SIME, 1996).

Na época, havia uma disputa ideológica delicada. Dentre tantas outras coisas, Boltzmann defendia a existência real dos átomos e era frequentemente atacado no campo filosófico por aqueles que não acreditavam que os átomos eram de fato reais. As constantes tensões acerca da teoria atômica debilitaram a saúde de Boltzmann (RIFE, 1999). A descoberta da radioatividade - em 1896 - e a do elétron - em 1897 - levava esta disputa ideológica ao fim. Entre 1905 e 1908, quando Albert Einstein (1879-1955) e Jean Perrin (1870-1942) trouxeram contribuições para a descrição do movimento browniano, às considerações termodinâmicas feitas por Boltzmann ganharam total credibilidade na comunidade científica (SIME, 1996).

Lise havia ingressado no doutorado, em 1905. Em sua pesquisa, fez contribuições para a condução de calor em sólidos não homogêneos. Em fevereiro de 1906, Lise foi a segunda mulher a obter o título de doutorado em física na Universidade de Viena (RIFE, 1999). Na

mesma época, Lise - que já havia feito a pesquisa de doutorado - teve o primeiro *insight* que era capaz de conduzir uma pesquisa independente (MEITNER, 1964). O físico Lord Rayleigh, havia publicado um experimento sobre a fórmula de reflexão de Fresnel, no campo da ótica, que não conseguia explicar. Lise não só explicou como também previu e formulou algumas consequências da fórmula de reflexão de Fresnel experimentalmente (SIME, 1996).

Ainda em 1906, com o incentivo de seu novo colega, Stefan Meyer (1872-1949), Lise iniciou pesquisas no campo da radioatividade. A área, que havia sido recém descoberta, era bastante convidativa. Lise enviou uma carta para Marie Curie com a pretensão de trabalhar em seu laboratório. Contudo, não havia vagas disponíveis (SIME, 1996).

Em 05 de setembro de 1906, um acontecimento deixou Lise bastante abalada, seu querido professor Boltzmann havia cometido suicídio. Em vida, o mesmo havia relatado seu arrependimento ao recusar uma cadeira na Universidade de Berlim (SIME, 1996). Em virtude do falecimento de Boltzmann, Max Planck viajou para Viena. Foi a primeira vez que Lise o viu pessoalmente (MEITNER, 1964).

Lise almejava continuar desenvolvendo pesquisas. Em Viena, por ser mulher, suas opções de carreira eram limitadas. Aos vinte e oito anos de idade, ainda não recebia remuneração e dependia da mesada dos pais para se sustentar. Foi nesse contexto que Lise decidiu pedir a ajuda financeira dos pais para mudar-se para Berlim, onde estudaria com Max Planck (1858-1947) por alguns semestres. Por fim, o que seria um período temporário na capital alemã acabou se tornando 31 anos (RIFE, 1999).

5.1.3. Carreira em Berlim

Quando Boltzmann havia recusado a cadeira em Berlim, foi Max Planck que a ocupou. Em Berlim, ainda não era permitido às mulheres frequentarem a universidade. Dessa forma, Lise precisou pedir permissão a Max Planck para assistir suas palestras, permissão essa que foi concedida (SIME, 1996). Era comum Planck convidar pesquisadores, professores, estudantes e colegas à sua casa. Conforme Meitner (1964), na primeira vez que Lise o visitou, em uma conversa informal, ficou claro para ela que Planck não tinha uma opinião positiva quanto às estudantes mulheres, ou seja, o machismo imperava. Dez anos antes dessa visita, a

opinião de Planck sobre o tema havia sido publicada por um jornalista alemão, conforme denota o trecho a seguir:

Se uma mulher possui um dom especial para as tarefas da física teórica e também o impulso para desenvolver seu talento, o que não acontece com frequência, mas acontece de vez em quando, então eu considero injusto, do ponto de vista pessoal e objetivo, negar-lhe os meios para estudar por uma questão de princípio; se é compatível com ordem acadêmica, prontamente a admitirei, a título experimental é sempre revogável, ao meu palestras e meus cursos práticos. Por outro lado, devo apegar-me à ideia de que tal caso deve ser sempre considerado uma exceção e, em particular, que seria um grande erro estabelecer instituições para induzir as mulheres ao estudo acadêmico, pelo menos não à pesquisa científica pura. As Amazonas são anormais, mesmo nos campos intelectuais. Em certas situações práticas, por exemplo, cuidados de saúde da mulher, as condições podem ser diferentes, mas em geral não pode ser enfatizado fortemente que a própria Natureza designou para a mulher sua vocação como mãe e dona de casa, e que em nenhuma circunstância as leis naturais podem ser ignoradas sem danos graves, que neste caso apareceriam especialmente na próxima geração (Kirchhoff, 1897, p. 256-257 *apud* SIME, 1996, p. 25, tradução nossa).

O trecho acima foi publicado em 1897 por um jornalista de Berlim e retrata a opinião de Planck sobre o acesso de mulheres ao ensino superior. Assim como diversos outros cientistas da época, Planck tinha uma visão um tanto quanto restritiva e conservadora acerca do tema. Apesar de Planck aceitar mulheres em suas palestras e cursos práticos, o mesmo acreditava que as mulheres que tinham “dom” para seguir a carreira científica deveriam ser vistas como uma exceção. Ele acreditava que é inerente à “natureza” feminina ser mãe e trabalhar como dona de casa. Este trecho é um reflexo do quanto o cenário em que Lise estava inserida era machista e patriarcal.

Ao chegar em Berlim, Lise recebeu um convite para trabalhar com o professor Heinrich Rubens (1865-1922). Na Alemanha da época, o cargo de professor universitário estava em uma das partes mais altas da hierarquia. Isto porque era comum que, em cada instituição, houvesse apenas um professor por temática. Na Universidade de Berlim, por exemplo, tinha apenas dois professores que lecionavam na área de física, um abordando a parte teórica e o outro a parte experimental (Planck e Rubens). Sendo bastante tímida, Lise percebeu que não se sentiria confortável em pedir a ajuda de Rubens sobre o que não entendia. Como iniciante, sabia o quão importante era poder fazer perguntas e, por isso, não aceitou a proposta (SIME, 1996).

Na mesma época, Lise conheceu Otto Hahn, um jovem doutor que também tinha interesse em colaborar com Lise. Nascido em 8 de março de 1879, Otto tinha pouca diferença

de idade com Lise e era bastante simpático (SIME, 1996). Estes fatores contribuíram para que Lise aceitasse a proposta, como a mesma relatou anos mais tarde,

"Hahn era da mesma idade que eu e [...] tive a sensação de que não hesitaria em perguntar a ele tudo o que precisava saber. Além disso, ele tinha uma reputação muito boa em radioatividade, então eu estava convencida de que ele poderia me ensinar muito" (MEITNER, 1964, p. 5, tradução nossa).

Contudo, Otto havia recebido uma vaga para atuar no laboratório do químico orgânico Emil Fischer (1852-1919), que não aceitava mulheres no seu instituto e nem em suas palestras. Sobre isso, Lise fez o seguinte relato:

Então Hahn teve que perguntar a Fischer se ele concordaria em trabalharmos juntos. Fui a Fischer para ouvir sua decisão, ele me disse que sua relutância em aceitar estudantes mulheres decorreu de sua preocupação constante com o penteado bastante exótico de uma estudante russa que poderia pegar fogo no bico de Bunsen. Ele finalmente concordou que eu trabalhasse com Hahn, se eu promettesse não entrar no departamento de química onde os alunos do sexo masculino trabalhavam e onde Hahn conduzia seus experimentos químicos. (MEITNER, 1964, p. 5, tradução nossa)

Neste contexto, Otto improvisou para Lise um laboratório em um porão (Figura 2). O local - que funcionava anteriormente como uma carpintaria - tinha uma entrada externa, dessa forma Lise poderia trabalhar lá sem entrar no laboratório de Fischer. Quando precisava ir ao banheiro, Lise caminhava até um restaurante vizinho. No ano seguinte, quando o acesso às mulheres nas universidades prussianas foi autorizado, Fischer aceitou que Lise frequentasse o seu instituto (SIME, 1996).

Figura 2 - Lise Meitner e Otto Hahn no laboratório improvisado, em 1908



Fonte: RIFE (1999).

Lise conheceu Albert Einstein em 1909, por meio de uma palestra, em um congresso científico em Salzburgo. Naquela palestra, Einstein abordou sobre o desenvolvimento das concepções humanas sobre a natureza da radiação. Por mais que Lise ainda não entendia completamente o quão revolucionário eram os novos conceitos de tempo e espaço implicadas pela teoria da relatividade, a palestra foi tão surpreendente que marcou Lise para sempre. Sobretudo, quando Einstein apresentou a famosa fórmula $E=mc^2$, isto é, energia igual à massa vezes a velocidade da luz ao quadrado (MEITNER, 1964). Mais tarde, essa mesma fórmula daria o *insight* para que Lise explicasse a fissão nuclear.

Em 1912, a Sociedade para o Progresso da Ciência Kaiser Wilhelm (KWG) havia sido inaugurada e Otto foi convidado para trabalhar no Departamento de Radioatividade, enquanto Lise atuou como “convidada” (MARQUES, 2015). Conforme Meitner (1964) relatou, ocasionalmente os assistentes do Instituto de Química passavam por ela e por Hahn na rua, e cumprimentavam apenas com "Bom dia, Herr Hahn". Isto é, ignoravam totalmente a sua presença.

Tudo indica que, desde que chegou em Berlim até 1913, Lise fez pesquisas sem remuneração. Neste ano, a mesma havia sido convidada para um cargo remunerado na Universidade de Praga. Para impedir que Lise se mudasse, lhe foi oferecido o cargo de assistente na KWG. Por mais que ambos tivessem um nível de experiência bastante similar, Lise só teve um salário parecido com o de Otto em 1917, quando se tornou chefe do Departamento de Física Nuclear da KWG. Em meados da década de 1920, tornou-se a primeira mulher em Berlim a ocupar a posição de Professora Titular da universidade (MARQUES, 2015).

Durante a Primeira Guerra Mundial, Otto foi convocado para servir imediatamente, atuando no grupo do professor Fritz Haber (1868-1934), ajudando a organizar ataques com gases tóxicos. Já Lise atuou como radiologista em hospitais austríacos, entre 1915 e 1917. Apesar disso, seus trabalhos não foram totalmente interrompidos. Mesmo antes da guerra acabar, Otto e Lise haviam feito a co-descoberta de um novo elemento químico, o protactínio (MEITNER, 1964). Naquela época, Kazimierz Fajans (1887-1975) e Oswald Helmuth Göhring (1889-1915) haviam detectado a existência de uma espécie radioativa cuja meia vida era bastante curta, que denominaram de *brevium*. Atualmente, sabe-se que se tratava do isótopo 234 do protactínio. Mais tarde, Otto e Lise - quase ao mesmo tempo que Frederick Soddy e John Arnold Cranston (1891-1972) - detectaram o isótopo 231 desse mesmo

elemento e o denominaram protoactínio. Em 1949, o nome do elemento foi alterado para protactínio, pela IUPAC (AFONSO, 2012).

Em 1922, Lise publicou sobre uma descoberta que havia feito. Um ano depois, de maneira independente, Pierre Auger (1899-1993) redescobriu o mesmo fenômeno, que atualmente é conhecido como “elétrons Auger”. O fato de Lise não ter sido reconhecida pela descoberta, dificultou a relação entre o grupo de pesquisa que Otto e Lise pertenciam em Berlim com os cientistas franceses, incluindo com o grupo do Instituto do Rádio, que era coordenado pelo casal Joliot-Curie. Este conflito fez com que um grupo ignorasse os resultados obtidos pelo outro e, sem querer, a competição que houve entre estes grupos acabou contribuindo para a descoberta da fissão nuclear (MARQUES, 2015).

5.1.4 Descoberta da Fissão Nuclear e a Segunda Guerra Mundial

Após a Alemanha perder a Primeira Guerra Mundial, houve uma grande inflação no país e conflitos sociais que resultaram no nazismo. Com a ascensão de Adolf Hitler (1889-1945) ao poder, em 1933, restrições aos judeus surgiram. Cargos na área da educação não poderiam mais ser ocupados por judeus ou descendentes (MARQUES, 2015). Lise, que tinha ascendência judaica, havia sido batizada como protestante em 1908 (SIME, 1996). Apesar disso, foi afastada do cargo na universidade. Em termos práticos, isso não a afetou imediatamente, uma vez que sua principal atuação ocorria dentro da KWG. Anos mais tarde, contudo, Lise relatou o arrependimento de ter trabalhado durante cinco anos nos laboratórios de uma Alemanha nazista (MARQUES, 2015).

Como Lise não era uma cidadã alemã, ela não foi afastada imediatamente da KWG. Quando a Áustria foi tomada pelas tropas nazistas, em março de 1938, Lise deixou de ser uma estrangeira protegida e, conseqüentemente, estava sujeita às leis antisemitas. Com a ajuda de amigos, Lise embalou seus pertences e deixou a Alemanha para sempre em direção à Holanda, onde permaneceu por pouco tempo (FRISCH, 1970). A fuga de Lise foi planejada por amigos da comunidade internacional de física e pelo dinamarquês Niels Bohr (1885-1962). Otto Hahn soube da fuga apenas dias antes da partida de Lise, em julho de 1938 (RIFE, 1999).

Otto deu a Lise um anel de ouro e diamantes que havia herdado de sua mãe. Dessa forma, Lise teria algo para oferecer como suborno às autoridades na fronteira. Entretanto, não

foi necessário. Isto porque as pessoas que a ajudaram na etapa da Holanda prepararam documentos falsos que alegavam que Lise visitaria o país temporariamente para algumas conferências científicas (MARQUES, 2015). Após sair da Holanda, Lise hospedou-se por algumas semanas na casa de Bohr e sua esposa Margrethe Nørlund (1890-1984), na Dinamarca. Em seguida, mudou-se para a Suécia, onde permaneceu por 22 anos (FRISCH, 1970).

Alguns anos antes da fuga de Lise, Irene e Frédéric Joliot-Curie (1900-1958) haviam relatado a produção de radioatividade artificial. Em 1934, Enrico Fermi (1901-1954) e seus colaboradores acreditavam ter descoberto novas substâncias radioativas a partir do bombardeamento do núcleo atômico (SILVA, 2019). Algumas limitações do conhecimento científico da época fez com que houvesse alguns equívocos. Como o fato de cientistas como Fermi, Otto e Lise acreditarem terem visto as radiações de transurânicos quando na verdade tratava-se majoritariamente de emissões de fragmentos da fissão nuclear (MARQUES, 2015).

A descoberta da fissão nuclear foi resultado da procura pela síntese de elementos transurânicos. Ao mesmo tempo que a síntese do primeiro elemento transurânico, foi possível graças ao estudo sobre o fenômeno da fissão nuclear pelo descobridor do Neptúlio, o cientista Edwin McMillan (1907-1991) (FLÔR, 2009). Isto é, a extensão da Tabela Periódica pelos elementos transurânicos está diretamente relacionada à descoberta da fissão nuclear e vice-versa. Conforme Cordeiro e Peduzzi (2014),

Após a compreensão do fenômeno da fissão nuclear, os novos elementos químicos supostamente produzidos em 1934 – transurânicos que até mesmo foram batizados, como o *ausenium* ($Z = 93$) e o *hesperium* ($Z = 94$) – foram identificados por Meitner e Hahn como elementos já conhecidos, como criptônio, rubídio, estrôncio e assim por diante (CORDEIRO; PEDUZZI, 2014, p. 538-539).

Durante a descoberta da fissão nuclear, Lise e Otto - que já moravam em países diferentes - continuaram suas pesquisas por meio de correspondências. Lise insistiu a Otto e Fritz Strassmann que continuassem a pesquisa que haviam começado sobre o bombardeamento do urânio. No final de 1938, Lise recebeu uma carta de Hahn sobre uma estranha “explosão” que ocorreu com o urânio, formando bário. Hahn pediu na carta que Lise interpretasse o que havia acontecido. Simultaneamente, Hahn submeteu suas descobertas para a revista *Naturwissenschaften* (RIFE, 1999). Apesar de haver alguns equívocos nas

conclusões do artigo, foi um momento decisivo que culminou no prêmio Nobel de 1944, no qual Otto Hahn foi laureado (MARQUES, 2015).

Lise não foi incluída como autora na publicação. Isso porque ainda não concordava inteiramente com as conclusões feitas no artigo publicado por Hahn. Também havia a preocupação - devido ao cenário político em que estavam - com o que poderia acontecer com Otto e Strassmann caso incluíssem uma refugiada com ascendência judaica como autora (MARQUES, 2015).

Lise e seu sobrinho, Otto Robert Frisch, estavam conversando sobre essa estranha “explosão” relatada por Hahn durante uma caminhada. Foi quando eles perceberam que, pela fórmula $E = m.c^2$ (energia igual à massa vezes a velocidade da luz elevada ao quadrado), a massa não poderia ser perdida mas sim o núcleo atômico poderia ser “dividido em dois”. Frisch apelidou esse fenômeno como “fissão” e Lise fez os cálculos percebendo que a energia liberada por essa “explosão” era enorme (RIFE, 1999).

Visto que nenhuma revista alemã aceitaria uma publicação de Lise e seu sobrinho, os mesmos encaminharam um artigo para a revista francesa *Nature*, em janeiro de 1939. Neste texto, Lise e Frisch explicaram de maneira inédita que o núcleo de um átomo poderia ser fragmentado em dois núcleos com massas menores. Ainda em janeiro de 1939, Frisch também enviou à mesma revista um artigo com conclusões sobre a fissão do urânio em uma câmara de ionização (MARQUES, 2015). Conforme a própria Lise relatou,

embora a equipe não estivesse totalmente unida em suas opiniões políticas. Estavam, no entanto, todos unidos no desejo de não deixar que a nossa solidariedade pessoal e profissional fosse rompida. Hahn e eu pudemos retomar nosso trabalho conjunto, cujo ímpeto veio dos resultados de Fermi em bombardear elementos pesados com nêutrons. Este trabalho finalmente levou Otto Hahn e Fritz Strassmann à descoberta da fissão do urânio. A primeira interpretação dessa descoberta veio de O. R. Frisch e de mim, e Frisch imediatamente demonstrou a grande liberação de energia que se seguiu a essa radiação. (MEITNER, 1964, p. 7, tradução nossa)

Apesar de Lise e Frisch terem submetido seus artigos logo depois que Otto e Strassmann publicaram na *Naturwissenschaften*, a *Nature* atrasou a publicação dos mesmos. Frisch confidenciou a Niels Bohr sobre o trabalho que havia feito com Lise. Bohr falou sobre a fissão nuclear em uma conferência que participou nos Estados Unidos (MARQUES, 2015). Além disso, junto com John Archibald Wheeler (1911-2008), Bohr escreveu um artigo sobre o mecanismo da fissão baseado nas observações feitas por Lise e Frisch (RIFE, 1999).

A partir deste momento, discussões acerca da fissão nuclear eclodiram na comunidade científica. Em 1942, o governo americano deu início ao Projeto Manhattan - do qual Frisch fez parte - com o intuito de desenvolver uma arma nuclear. Lise, que havia sido convidada a participar, recusou-se. Mesmo durante a Primeira Guerra Mundial, Lise já havia deixado claro sua desaprovação ao uso da ciência para fins militares quando Otto Hahn participou do desenvolvimento de armamento com gases (MARQUES, 2015).

Quando a primeira bomba atômica foi lançada em Hiroshima, Lise ficou atordoada e se derramou em lágrimas. Logo depois de Lise receber a notícia, um jornalista local a procurou para uma entrevista. Lise deixou claro ao jornalista que não havia participado de nenhum desenvolvimento bélico. Lise também foi procurada pela mídia internacional, quando a ex-primeira dama dos Estados Unidos e ativista dos direitos civis, Eleanor Roosevelt (1884-1962), a convidou para uma conversa pela rádio NBC Transatlântica (RIFE, 1999).

Na conversa na rádio, Lise - que foi parabenizada por sua contribuição teórica à fissão nuclear - reforçou a importância do uso da ciência para fins pacíficos. Após o lançamento da segunda bomba atômica, em Nagasaki, cientistas como Lise, Einstein e tantos outros dedicaram-se para que o mundo soubesse a necessidade do uso responsável da energia nuclear. Com o rendimento dos japoneses, em 2 de setembro de 1945, a Segunda Guerra Mundial por fim havia acabado (RIFE, 1999).

5.1.5 Pós-guerra - Premiações e Barreiras

Após o término da Segunda Guerra Mundial, Lise teve um grande reconhecimento, principalmente por parte dos estadunidenses. Conforme Rife (1999), Lise foi convidada para ser professora visitante na Universidade Católica da América, durante o primeiro semestre de 1946. Neste período, foi convidada de honra do Clube Nacional Feminino de Imprensa, onde foi presentada com o Prêmio Mulher do Ano e jantou na mesma mesa do então presidente dos Estados Unidos, Harry S. Truman (1884-1972) (Figura 3).

Figura 3 - Lise Meitner e o então presidente Harry S. Truman, EUA, em 1946.



Fonte: RIFE (1999)

Durante sua estadia nos Estados Unidos, ministrou diversas palestras sobre fissão nuclear em outras universidades, como Princeton, Harvard e no MIT. Também deu palestras em faculdades femininas, em que defendia a presença de mulheres na ciência e no ensino superior. Estas palestras foram transcritas em revistas educacionais, fornecendo fórum para discussões acerca da temática (RIFE, 1999). Além de elogios pelas palestras, Lise recebeu cinco títulos de Doutor Honorário pelas universidades estadunidenses. Também foi capa da revista *Time* (MARQUES, 2015). Após a viagem pelos Estados Unidos, Lise - que havia sido eleita membro estrangeira da Academia Real das Ciências da Suécia - retornou para Estocolmo.

Com o fim da Segunda Guerra Mundial, a amizade de Lise e Otto Hahn havia perdido a força. Quando soube das barbaridades que ocorreram nos campos de concentração nazistas, Lise enviou uma carta a Otto condenando sua atitude passiva frente às atrocidades cometidas com os judeus na Alemanha. Otto, que estava preso na Inglaterra até o final de 1945, nunca recebeu esta carta. Uma reaproximação entre os dois aconteceu somente anos depois (MARQUES, 2015).

Houve um atraso na premiação do Nobel de 1944, dessa forma a cerimônia em que Otto Hahn foi laureado aconteceu somente após o término da guerra. Lise Meitner, Fritz Strassmann e Otto Robert Frisch não foram reconhecidos pela sua contribuição à fissão nuclear. Em um registro de suas memórias, Otto Hahn descreveu Lise como uma mulher amarga e decepcionada. Apesar de ter percebido a injustiça na premiação do Nobel, Lise reconhecia os méritos de Hahn por ser laureado com o prêmio. Mais tarde, Otto se responsabilizou por ter criado um retrato injusto de sua parceira de pesquisa (RIFE, 1999).

Na sua palestra durante a cerimônia do Nobel, Hahn utilizou o pronome “nós” e mencionou a participação de Fritz Strassmann, Lise Meitner e Otto Robert Frisch. Inclusive, em seu discurso, Hahn creditou Lise e Frisch por terem cunhado o termo “fissão”. Hahn concedeu parte da quantia financeira recebida pelo prêmio para Lise, que doou o dinheiro para o Comitê Emergencial de Cientistas Atômicos, presidido por Albert Einstein. O comitê havia sido criado com o objetivo de alertar ao público quanto aos perigos do armamento nuclear (RIFE, 1999).

Aos 81 anos de idade, aposentou-se em Cambridge. Lise havia-se mudado para a Inglaterra para ficar próxima de sua família. Faleceu no dia 27 de outubro de 1968, pouco antes de completar seu nonagésimo aniversário (FRISCH, 1970). Em sua lápide, jaz a seguinte descrição feita por seu sobrinho, “física que nunca perdeu a humanidade” (MARQUES, 2015).

Lise enfrentou em sua vida diversos obstáculos, mas também teve momentos de conquistas, participando ativamente da construção do conhecimento científico. Conforme Lima, Barbosa e Figueiras (2019), a IUPAC nomeou o elemento 109 da Tabela Periódica como meitnério (Mt), em sua homenagem. A história de Lise inspirou e continuará inspirando mulheres a seguirem carreira na ciência.

5.2 CRIAÇÃO E APRESENTAÇÃO DOS MATERIAIS AUDIOVISUAIS ELABORADOS

Neste tópico serão abordados fatores relacionados a criação dos recursos audiovisuais. Na fase de pré-produção, foi planejado de que forma a história de Lise Meitner seria contada e criou-se os roteiros de cada vídeo. Na produção, foram realizadas as filmagens e, na pós-produção, a edição do material bruto e a publicação dos vídeos no YouTube.

5.2.1 Pré-Produção

A primeira etapa para a produção dos vídeos foi definir de que forma a história de Lise Meitner seria contada. Para isso, considerou-se as estratégias de *Search Engine Optimization* - SEO (em português, Otimização de Mecanismos de Busca) para vídeos no YouTube. Para um vídeo ser bem sucedido no Youtube, duas métricas que precisam ser consideradas são: taxa de cliques de impressões e a taxa de retenção.

O próprio YouTube fornece informações sobre do que se tratam essas métricas, por meio da Central de Ajuda. As impressões de um vídeo referem-se à quantidade de vezes que a miniatura do vídeo foi exibida para um espectador no YouTube. Por exemplo, quando a miniatura aparece na página inicial do Youtube, na pesquisa do YouTube, nas recomendações da seção “Próximo”, entre outras. Dessa forma, a taxa de cliques de impressões é a frequência com que um espectador clica no vídeo para assisti-lo após ter visto a miniatura. Para que um vídeo tenha uma boa taxa de cliques de impressões, é preciso que o vídeo seja considerado atraente pelo espectador, logo à primeira vista. Para isso, alguns fatores importantes são: o título do vídeo; a *thumbnail*, que é a imagem de miniatura do vídeo; e, a duração do vídeo.

Já a taxa de retenção trata-se do percentual de tempo que os espectadores assistiram ao vídeo e está relacionada ao engajamento do mesmo. Por exemplo, se um espectador assistir metade do vídeo, a taxa de retenção será 50%. Alguns fatores que contribuem para que um vídeo apresente uma boa taxa de retenção são: o conteúdo do vídeo; o carisma e a entonação da voz do criador de conteúdo; e, a duração do vídeo. A taxa de retenção pode ser um grande indicador do quão relevante é o conteúdo do vídeo criado. A potencialidade de alcance de um vídeo está diretamente ligado à taxa de clique de impressão e à taxa de retenção, isto porque o YouTube considera essas métricas para indicar o vídeo para mais espectadores.⁴

Com a finalidade de obter maiores taxas de clique de impressão e de retenção, chegou-se à conclusão de que criar três vídeos de curta duração geraria maior alcance e engajamento do que criar apenas um vídeo longo que contasse toda a biografia de Lise Meitner. Cabe ressaltar que, ao mesmo tempo que o conteúdo de um vídeo precisa estar interligado com o do outro, há a necessidade de haver uma certa independência entre os mesmos, de forma que seja possível compreender um vídeo sem obrigatoriamente ter assistido ao anterior. Isto porque, no YouTube, o espectador pode ter acesso ao segundo vídeo antes de ter assistido ao primeiro.

Dessa forma, optou-se por produzir três vídeos. Para a produção dos vídeos foram construídos roteiros (Apêndice 1, 2 e 3) que traziam o script geral da vida de Lise e, conseqüentemente, do conteúdo que seria abordado em cada produção audiovisual. Os roteiros foram produzidos considerando-se a história de vida de Lise apresentada no item intitulado: 5.1 A trajetória pessoal e profissional de Lise Meitner, deste trabalho.

⁴ Estas observações foram feitas a partir de experiências da autora deste trabalho com o YouTube

No primeiro vídeo, buscou-se introduzir e contextualizar as questões que permeiam gênero e ciência com o período e local em que Lise Meitner cresceu. Neste vídeo, os principais conteúdos abordados foram a infância de Lise em Viena e a sua trajetória escolar e acadêmica. Já no segundo vídeo contou-se qual foi o seu percurso profissional desde que chegou em Berlim, evidenciando os obstáculos que enfrentou por ser uma mulher cientista no início do século XX. Também neste vídeo mostrou-se algumas de suas contribuições para a ciência, sobretudo a sua participação na descoberta do elemento protactínio e da fissão nuclear. Abordou-se sobre a sua fuga da Alemanha, em virtude da ascensão do nazismo. E sobre os fatores que levaram ao prêmio Nobel de 1944. Também contemplou-se no vídeo o reconhecimento que Lise Meitner teve, sobretudo a partir do fim da Segunda Guerra Mundial. No terceiro vídeo, buscou-se falar sobre a conexão entre a história de Lise Meitner e da Tabela Periódica, enfatizando para as contribuições de Lise na co-descoberta do protactínio e a relação entre a fissão nuclear e a produção de elementos químicos transurânicos. Também abordou-se sobre o elemento 109, batizado como meitnério em homenagem à Lise Meitner.

O arco narrativo de cada vídeo produzido neste estudo teve um início, um meio e um fim. Dessa forma, buscou-se deixar o início de cada vídeo mais atraente, criando um suspense quanto aos desafios que Lise teve em vida. Durante o desenvolvimento de cada enredo há uma certa tensão, com idas e vindas. No final do primeiro vídeo algo muda (como a ida de Lise para Berlim) e no final do segundo e do terceiro vídeo o conflito é resolvido (como o reconhecimento que Lise teve, apesar das barreiras que enfrentou em vida).

No Quadro 1 estão dispostos os títulos de cada vídeo. Optou-se por aproveitar ao máximo a quantidade de caracteres permitidos pelo YouTube no título e utilizar termos chaves diretamente relacionados com o que será encontrado no vídeo. Isto porque uma das formas mais usuais para um espectador encontrar um vídeo no YouTube é fazendo uma busca pelo assunto que lhe interessa.

Quadro 1 - Título dos vídeos publicados no YouTube

Vídeo	Título do vídeo	Duração (min)
1	Biografia de Lise Meitner - Infância e a Educação De Mulheres No Século XIX Mulheres na Ciência #1	7:28
2	Biografia de Lise Meitner - Fissão Nuclear, Bomba Atômica e Prêmio Nobel Mulheres na Ciência #2	13:49

3	Lise Meitner - Tabela Periódica, Protactínio e Elementos Transurânicos Mulheres na Ciência #3	3:43
---	---	------

Fonte: a autora (2022)

Como os vídeos foram produzidos no formato “YouTuber”, isto é, como *vlogs*, as gravações foram feitas no próprio quarto da criadora de conteúdo e autora deste trabalho. Para construção do cenário (Figura 4), utilizou-se um *Memory Board*, que é um painel aramado onde foram penduradas fotos de Lise Meitner que haviam sido impressas e recortadas no formato *Polaroid*. Também foram confeccionados dois banners para pendurar na parede: um com uma foto de Lise repetida várias vezes e o outro com a famosa frase escrita pela própria Lise, em 1964: “a vida não precisa ser fácil, desde que não tenha sido vazia”, como pode ser visto na Figura 4, ao lado direito da imagem. Para elaborar os banners, utilizou-se o aplicativo de ilustração *Procreate* e a plataforma de designer gráfico *Canva*. Dois quadros e outros elementos com fins decorativos também foram dispostos no cenário.

Figura 4 - Cenário utilizado para a gravação dos vídeos



Fonte: a autora (2022)

5.2.2 Produção

Para a gravação dos vídeos, utilizou-se a câmera do celular Iphone XR, que permite gravar vídeos em formatos de alta qualidade, como 4K-60fps, 4K-30fps, 4K-24fps, 1080p-60fps, 1080p-30fps, 720p-30fps. Devido às limitações da capacidade de armazenamento do celular, optou-se por gravar em Full HD (1080p-30fps). Utilizou-se

também um tripé de celular, para estabilização da imagem. A iluminação do ambiente se deu, majoritariamente, pela luz natural vinda da janela. Como os vídeos foram gravados em diferentes períodos (de manhã e de tarde) e em dias diferentes, é possível perceber uma pequena diferença na iluminação entre determinadas cenas.

A gravação não foi totalmente fiel aos roteiros, pois buscava-se uma maior naturalidade e espontaneidade nos vídeos, assim, algumas adaptações foram feitas na fala. Além disso, não foi utilizado um *teleprompter*⁵, levando a proponente a ter que decorar o roteiro e não as falas em sua integralidade. Não havia também equipamentos para abafar o ruído externo. Para a gravação dos vídeos, adotou-se uma linguagem coloquial e despojada, comum aos *vlogs*, em que o criador de conteúdos se dirige diretamente ao espectador para deixar o vídeo mais pessoal. Cabe ressaltar, contudo, que tomou-se o cuidado para evitar vícios de linguagem.

5.2.3 Pós-Produção

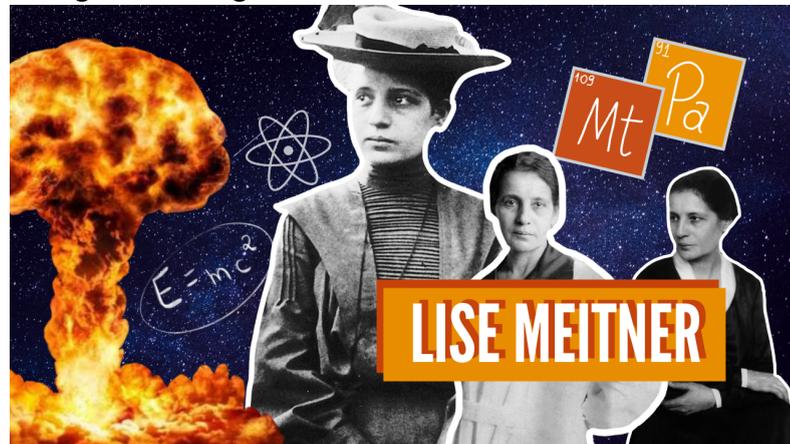
A edição do vídeo foi feita pelo aplicativo *VN*, que é um editor de vídeos para dispositivos móveis. Primeiramente, selecionou-se as melhores tomadas e organizou-as em ordem cronológica. Com o intuito de manter o ritmo e a dinamicidade do vídeo, utilizou-se cortes secos, intercalando diferentes enquadramentos entre as tomadas. Os cortes secos são bastante comuns em vídeos no formato “YouTuber” e se caracterizam por uma nova tomada começar logo após a outra ter terminado, sem qualquer tipo de transição. Além disso, foram integradas imagens de Lise durante as cenas, para que o espectador consiga visualizar o que está sendo narrado. Para o áudio dos vídeos, utilizou-se músicas, trilhas e efeitos sonoros livres de direitos autorais.

Para cada vídeo, criou-se uma *thumbnail* - isto é, a imagem de miniatura do vídeo - por meio do aplicativo *Procreate* e da plataforma de designer gráfico *Canva*. Na miniatura, adicionou-se fotos de Lise Meitner e, para despertar a curiosidade do espectador, foram adicionados elementos relacionados a cada vídeo, como: a representação de um átomo; a

⁵ Trata-se de um equipamento que pode ou não estar acoplado a uma câmera e que auxilia o apresentador ao exibir o texto a ser lido

bomba atômica; a representação da Tabela Periódica, entre outros. A imagem de miniatura dos vídeos pode ser vista na Figura 5.

Figura 5 - Imagem utilizada como miniatura nos vídeos



Fonte: compilação da autora (2022)

Os vídeos foram publicados no canal do YouTube intitulado “Invisibilidade na Ciência - que história é essa?!”⁶. Além do título e da *thumbnail* personalizada, também foram utilizados outros recursos com o intuito de aumentar o alcance dos vídeos, como: descrição do vídeo, *playlists*, uso de capítulos e de *cards*. Na descrição de cada vídeo, foi feito um breve texto do que o espectador vai encontrar ao assisti-lo. Utilizou-se palavras-chave relacionadas com o conteúdo do vídeo, para aumentar a chance do vídeo ser encontrado em sites de busca, como o *Google* ou o próprio YouTube.

Os três vídeos foram lançados na *playlist* “A biografia de Lise Meitner”, dessa forma o espectador pode encontrar o próximo vídeo (ou o anterior) mais rapidamente. Os *cards* são utilizados para mostrar vídeos relacionados de forma sutil e interativa. Em cada vídeo, os *cards* foram adicionados para indicar ao espectador qual é o próximo vídeo da série e/ou o vídeo anterior. Para fornecer maior contexto e informações sobre os vídeos, adicionou-se capítulos pelo próprio YouTube. Sendo assim, o conteúdo de cada vídeo ficou dividido em seções para que, se o espectador desejar, seja possível pular diretamente para um determinado conteúdo que está sendo abordado pelo vídeo. Nos segundos finais de cada vídeo, sugeriu-se a possibilidade do espectador se inscrever no canal e assistir os outros vídeos.

⁶ Link do canal: <https://www.youtube.com/channel/UCY3orsr3J1XNj-blpzYzUUO>.

Vídeos: 1 <https://youtu.be/3r6gFpx9mBg> ; 2 <https://youtu.be/XcRqtVTLABE> ; 3 <https://youtu.be/r61aTJDZIo0>

5.2.4 Contribuições para o Ensino de Ciências e de Química e a compreensão da ciência e do fazer ciência

Não raro, a História da Ciência é contada por meio de dois posicionamentos epistemológicos: o empirismo/indutivismo e o positivismo lógico. No primeiro, considera-se que as teorias científicas são construídas individualmente e depois transmitidas ao coletivo, a partir de observações e experimentos. Ao mesmo tempo que no positivismo lógico, os aspectos sociais da ciência são negligenciados e considera-se que a produção científica é feita de maneira neutra e objetiva (FLÔR, 2009).

Em decorrência desse cenário, é comum encontrar livros didáticos e materiais de divulgação científica que retratam o cientista e a cientista de forma simplista, como gênios dedicados exclusivamente ao trabalho científico, afastando o entendimento de que a ciência é uma atividade humana. Kosminsky e Giordan (2002), ao investigarem as concepções acerca da ciência e da figura do cientista a partir de representações feitas por estudantes do ensino médio, relataram que:

Em todas as representações, observa-se um cientista do sexo masculino, solitário e interagindo somente com seu mundo. [...] Nota-se a preponderância do caráter experimental dado ao agir do cientista, desconsiderando, aparentemente, a troca de informações entre os pares, as elaborações teóricas e as próprias ciências não experimentais (KOSMINSKY; GIORDAN, 2002, p. 14-15).

Pinheiro, França e Faria (2019) obtiveram resultados semelhantes ao discutir a visão de ciência e de cientista com estudantes de uma turma de Educação de Jovens e Adultos (EJA). Neste trabalho, a partir de uma ilustração feita em conjunto com a turma, observou-se que os estudantes tinham a figura do cientista como “um homem de jaleco”, com cabelo bagunçado, lembrando o estereótipo de “cientista maluco” representado pela mídia. Cabe ressaltar que “o desconhecimento sobre como pensam e agem os cientistas impede a aproximação dos alunos da cultura científica” (KOSMINSKY; GIORDAN, 2002, p. 17).

Tendo isso em vista, os materiais audiovisuais de divulgação científica sobre Lise Meitner produzidos neste trabalho buscaram retratar a História da Ciência utilizando elementos das abordagens internalista e externalista, no qual a biografia de Lise não foi

contada de maneira meramente descritiva, mas sim de forma contextualizada com o momento histórico em que viveu, sem negligenciar os aspectos concernentes à produção científica. Dessa forma, os vídeos produzidos podem ser aliados na ressignificação da figura do cientista e na concepção de que a ciência possui natureza humana e é construída coletivamente.

Em consonância, a própria história de Lise Meitner pode ser um interessante objeto de discussão em salas de aula de ciências com estudantes de todos os níveis de ensino. Afinal, a partir do ponto de vista histórico, é possível refletir sobre o papel da mulher na produção do conhecimento científico e o caráter multifacetado e complexo que caracteriza a natureza da ciência. Sendo assim, a representatividade que Lise simboliza para mulheres que desejam seguir a carreira científica pode contribuir para minimizar a segregação horizontal, durante a escolha profissional.

Como os vídeos têm a potencialidade de se disseminarem no tecido social de forma não-hierárquica, os materiais audiovisuais produzidos no presente trabalho podem ser importantes aliados nesse processo de ressignificação do papel da mulher na produção do conhecimento científico. Sobretudo a linguagem adotada nos vídeos e o fato de terem sido publicados no YouTube - local em que há a possibilidade de interação e comunicação por meio dos comentários - incentiva a criação de um certo vínculo entre a criadora de conteúdos e o espectador, o que contribui para que haja uma troca entre os envolvidos e proporciona uma divulgação científica mais democrática.

Além disso, os recursos audiovisuais produzidos neste trabalho podem ser empregados tanto em ambientes não formais de ensino - sobretudo por meio de pesquisas no YouTube - como também no contexto escolar, sendo utilizados como materiais didáticos. Afinal, a forma com que a história de Lise Meitner foi contada nos vídeos (evidenciando os obstáculos que enfrentou e as conquistas que alcançou) pode despertar a curiosidade dos estudantes ao mesmo tempo que promove o conhecimento acerca da época em que Lise viveu, do conhecimento científico que produziu e da própria natureza da ciência e das questões de gênero que a permeiam. Cabe ressaltar que, apesar de todas as potencialidades que os recursos audiovisuais podem ter no Ensino de Ciências, um vídeo não substitui um professor em sala de aula.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme descrito neste trabalho, a história da Tabela Periódica é comumente contada a partir das teorias e conceitos principais, o que faz com que alguns nomes sejam lembrados e outros esquecidos. Em conjunto com isso, a história contada da ciência evidencia uma predominância masculina, dessa forma nomes como Antoine L. Lavoisier, John Dalton, Johann W. Döbereiner, Julius Lothar Meyer e Dmitri I. Mendeleiev são mencionados quando se refere à história da Tabela Periódica.

Quando a História da Ciência é contada seguindo a lógica do positivismo científico e do empirismo/indutivismo, tira-se a natureza humana que perpassa a ciência e cria-se o imaginário de que o cientista é um “gênio” isolado que cria teorias e explicações (sempre assertivas) de forma individual e, posteriormente, agraciando o coletivo. Dessa forma, transparece que “ser cientista” é algo sobre-humano, inalcançável para um sujeito comum. Entretanto, sendo a ciência construída coletivamente pela humanidade, o trabalho inerente à sua produção envolve erros e acertos, por meio de observações, experimentação e comunicação. E é nesses âmbitos geralmente esquecidos do trabalho científico que diversas mulheres contribuíram para o avanço da ciência e para a construção da Tabela Periódica.

Como visto neste trabalho, a história de Lise Meitner se cruzou com a história da Tabela Periódica, sobretudo, em dois momentos. No primeiro, Lise Meitner fez parte do grupo de cientistas que descobriu o elemento de número atômico 91, o protactínio. No segundo momento, quando Enrico Fermi acreditava ter produzido elementos transurânicos por meio do bombardeamento do núcleo atômico, foi os estudos de Otto Hahn, Fritz Strassmann, Lise Meitner e Otto Robert Frisch que levaram ao entendimento de que as radiações que se pensava ser de transurânicos na verdade tratava-se majoritariamente de emissões de fragmentos da fissão nuclear. Dessa forma, os elementos que foram supostamente descobertos, eram na verdade elementos químicos já conhecidos e de número atômico menor que o urânio. Lise Meitner também foi homenageada na própria Tabela Periódica, tendo o elemento 109 sido nomeado como meitnério (Mt).

Além de sua contribuição para o desenvolvimento da Tabela Periódica, a história de Lise Meitner evidencia questões atreladas ao gênero na construção do conhecimento científico. Sua trajetória pessoal e profissional revela que Lise Meitner superou os desafios de sua época relacionados à segregação horizontal, em que meninas não tinham a possibilidade

de seguir determinadas carreiras exclusivamente por serem mulheres. Além disso, mesmo tendo uma experiência acadêmica bastante similar a de seu colega de trabalho Otto Hahn, Lise foi vítima do teto de vidro, enfrentando barreiras na ascensão de sua carreira e tendo a sua contribuição para a fissão nuclear esquecida na premiação do Nobel de 1944.

Dessa forma, conclui-se que a partir da biografia de Lise Meitner e suas contribuições para a ciência se faz possível extrair ricas discussões e reflexões em salas de aulas de química, desde o que tange o papel da mulher na produção do conhecimento científico como também os aspectos inerentes à natureza da ciência, que revelam o trabalho científico como sendo uma atividade complexa e multifacetada.

Nesse sentido, os vídeos de divulgação científica elaborados no presente trabalho têm a potencialidade para serem utilizados como materiais didáticos no Ensino de Ciências e de Química, sobretudo na educação básica. Dessa forma, podem ajudar os estudantes a compreenderem aspectos intrínsecos à ciência, como: o fato de que o avanço científico não é feito de maneira isolada mas que depende do diálogo entre os pares, isto é, da comunicação entre os sujeitos da comunidade científica; que questões de gênero possuem relação direta com o desenvolvimento da ciência; e, sobretudo, que a ciência é feita pela humanidade e para a humanidade.

No mais, é importante destacar que os recursos audiovisuais produzidos podem se tornar meios de divulgação para a sociedade em geral que utiliza o YouTube e, sendo utilizados como materiais didáticos, podem permear aulas da educação básica e do ensino superior, levando a outras pesquisas e relatos de experiência que dialoguem e mostrem mais sobre a potencialidade e limitações dos vídeos produzidos. Em consonância, o presente trabalho ainda permite, a partir dos tópicos que se debruçam sobre a biografia de Lise, ser fonte de consulta de professores, estudantes e demais interessados em compreender sobre a vida dessa cientista.

7 REFERÊNCIAS

- AGUILAR, M. R. et al. Professoras de Ciências da Natureza na educação timorense: questão de gênero na análise da sócio-gênese. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA - ENEQ, 18., 2016, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2016. p. 1-10. Disponível em: <<https://www.eneq2016.ufsc.br/anais/listaresumos.htm>>. Acesso em: 06 set. 2021.
- ADLOFF, J. P.; KAUFFMAN, G. B. Francium (Atomic Number 87), the Last Discovered Natural Element. **The Chemical Educator**, v. 10, n. 5, p. 387-394, 23 set. 2005. Disponível em: <<http://perey.org/genealogy/MP%202.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2021.
- AFONSO, J. C. Protactínio. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 2, p. 101-102, maio 2012. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_2/09-EQ-20-11.pdf>. Acesso em: 06 set. 2021.
- ALBAGLI, S. Divulgação científica: informação científica para a cidadania?. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 396-404, set./dez. 1997. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/639/643>>. Acesso em: 06 set. 2021.
- BARBOSA, R. R.; SEPÚLVEDA, M. I. M.; COSTA, M. U. P. Gestão da informação e do conhecimento na era do compartilhamento e da colaboração. **Informação & Sociedade: Estudos**, João Pessoa, v. 19, n. 2, p. 13-24, mai./ago. 2009. Disponível em: <<https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/ies/article/view/2378/3034>>. Acesso em: 06 set. 2021.
- BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. S. P. **História da Ciência para Formação de Professores**. São Paulo: Livraria da Física, 2014. 128 p.
- BRASIL. CONSELHO FEDERAL DE QUÍMICA. **Cientistas mulheres tiveram papel fundamental na descoberta de elementos químicos**. 2020. Disponível em: <<http://cfq.org.br/noticia/cientistas-mulheres-tiveram-papel-fundamental-na-descoberta-de-elementos-quimicos/>>. Acesso em: 06 set. 2021.
- BRASIL. UNESCO. (org.). **Decifrar o código: educação de meninas e mulheres em ciências, tecnologia, engenharia e matemática**. Brasília: UNESCO, 2018. 84 p.
- CALDAS, G. Mídia e políticas públicas para a comunicação da ciência. In: PORTO, CM., BROTAS, AMP., and BORTOLIERO, ST., orgs. **Diálogos entre ciência e divulgação científica: leituras contemporâneas** [online]. Salvador: EDUFBA, 2011, pp. 19-36. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/y7fv/pdf/porto-9788523211813-02.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2021.
- CHASSOT, A. **A ciência é masculina?: É, sim senhora!**. 8. ed. São Leopoldo: Unisinos, 2017. 152 p.

CORDEIRO, M. D; PEDUZZI, L. O. Q. Entre os transurânicos e a fissão nuclear: um exemplo do papel da interdisciplinaridade em uma descoberta científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 536-563, dez. 2014.

CUNHA, M. F.; CORRÊA, T. H. B. O Protagonismo Oculto das Mulheres na História da Tabela Periódica. **In: CONGRESSO INTEGRADO DE QUÍMICA**, 1., 2018, Uberaba. Resumo [...] . Uberaba, 2018. p. 1-1.

DEROSSI, I.; FARIA, F. L. A presença de mulheres cientistas como temática em periódicos de química. **Actio: docência em ciências**, Paraná, v. 6, n. 1, p. 1-22, jan./abr. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/12462/8321>>. Acesso em: 06 set. 2021.

FARIAS, R. F. As mulheres e o Prêmio Nobel de Química. **Química Nova na Escola**, n. 14, p. 28-30, nov. 2001. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc14/v14a06.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2021.

FLÔR, C. C. A História da Síntese de Elementos Transurânicos e Extensão da Tabela Periódica Numa Perspectiva Fleckiana. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 4, p. 246-250, nov. 2009.

FRISCH, O. R. Lise Meitner, 1878-1968. **Royal Society**, v. 16, p. 405-420, 01 nov. 1970. Publicado Online em: 01 jan. 1997. Disponível em: <<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsbm.1970.0016>>. Acesso em: 06 set. 2021.

IGNOTOFSKY, R. **As cientistas: 50 mulheres que mudaram o mundo**. São Paulo: Blucher, 2017. 128 p. Tradução de: Sonia Augusto.

KOSMINSKY, L.; GIORDAN, M. Visões de Ciências e Sobre Cientista Entre Estudantes do Ensino Médio. **Química Nova na Escola**. n. 15, p. 11-18, mai. 2002.

LETA, J. Mulheres na ciência brasileira: desempenho inferior?. **Revista Feminismos**, v. 2, n. 3, p. 139-152, set./dez. 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufba.br/index.php/feminismos/article/view/30039>>. Acesso em: 06 set. 2021.

LIMA, G. M.; BARBOSA, L. C. A.; FILGUEIRAS, C. A. L. Origens e consequências da Tabela Periódica, a mais concisa enciclopédia criada pelo ser humano. **Química Nova**, v. 42, n. 10, p. 1125-1145, 04 nov. 2019. Disponível em: <<http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/v42n10a02.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2021.

LOURO, G. L. **Gênero, Sexualidade e Educação: Uma perspectiva pós-estruturalista**. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 2003. 179 p.

LYKKNES, Annette; VAN TIGGELEN, Brigitte. In their element: women of the periodic table. **Science In School**, n. 47, p. 8-13, 11 jun. 2019. Disponível em: https://www.scienceinschool.org/wp-content/uploads/2019/06/issue47_PTelements.pdf. Acesso em: 06 set. 2021.

MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. História da Ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=251019516011>>. Acesso em: 06 set. 2021.

MARQUES, A. Lise Meitner. In: SAITOVITCH, E B.; FUNCHAL, R.; BARBOSA, M. C.B. ; PINHO, S.; SANTANA, A. E. (Org.) . **Mulheres na Física**: casos históricos, panorama e perspectivas. 1. ed. São Paulo: editora livraria da física, 2015. p.49-72.

MONTEZANO, C. T.; COUTINHO, I. O formato YouTuber como possível modelo de divulgação científica na internet. In: CONGRESSO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO NA REGIÃO SUDESTE, 24., 2019, Vitória. **Anais [...]** . Vitória: Intercom, 2019. p. 1-15. Disponível em: <<https://portalintercom.org.br/anais/sudeste2019/resumos/R68-0304-1.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2021.

MEITNER, L. Looking Back. **Bulletin of the Atomic Scientists**, 20:9, p. 2-7, nov. 1964. DOI: 10.1080/00963402.1964.11454713

NOGUEIRA, K. S. C.; ORLANDI, R.; CERQUEIRA, B. R. S. Estado da arte: gênero e sexualidade no contexto do ensino de química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 43, n.3, p. 287-297, ago. 2021. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc43_3/09-EQF-32-20.pdf>. Acesso em: 06 set. 2021.

OLINTO, G. A inclusão das mulheres nas carreiras de ciência e tecnologia no Brasil. **Inclusão Social**, Brasília, v. 5, n. 1, p. 68-77, jul./dez. 2011. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/inclusao/article/view/1667>>. Acesso em: 06 set. 2021.

OLIVEIRA, R. A.; SILVA, A. P. B. A história da ciência no ensino: diferentes enfoques e suas implicações na compreensão da ciência.. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS - ENPEC, 8., 2011, Campinas, **Trabalhos Completos...** p. 1-12. Disponível em: <http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiienpec/resumos/R0227-1.pdf>. Acesso em: 06 set. 2021.

PATIÑO et al. Marie Anne Paulze Lavoisier: unha descoñecida científica. **In: XORNADA UNIVERSITARIA GALEGA EN XÉNERO, XUGeX: roles de xénero nun mundo globalizado**. Universidade da Coruña, 2., 2014, p 84-87. Disponível em: <<https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/15821>>. Acesso em: 06 set. 2021.

PINHEIRO, E. B. ; França, I. V. ; FARIA, F. L. . Discutindo a visão de ciência e cientista em uma turma da EJA a partir de filmes e séries.. **In: III SAINQ Química: um olhar para Inclusão, Diversidade e Tecnologia**, 2019, Blumenau. Anais da III SAINQ Química: um olhar para Inclusão, Diversidade e Tecnologia. Florianópolis: UFSC, 2019. v. 1. p. 51-57.

PINTO, É. J. S.; CARVALHO, E. P.; RABAY, G. As relações de gênero nas escolhas de cursos superiores. **Revista Tempos e Espaços em Educação**, São Cristóvão, v. 10, n. 22, p. 47-58, maio/ago. 2017. Disponível em: <<https://seer.ufs.br/index.php/revtee/article/view/6173>>. Acesso em: 06 set. 2021.

PIRES, E. G. A experiência audiovisual nos espaços educativos. **Comunicação & Educação**, v. 13, n. 2, p. 15-22, 02 jun. 2008. Disponível em:
<<https://www.revistas.usp.br/comueduc/article/view/42298>>. Acesso em: 06 set. 2021.

RENDEIRO, M. F. B.; ARAÚJO, C. P.; GONÇALVES, C. B. Divulgação científica para o Ensino de ciências. **Areté: Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, Manaus, v. 10, n. 22, p. 141-156, jan./jun. 2017. Disponível em:
<<http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/637/606>>. Acesso em: 06 set. 2021.

REALE, M. V. Quem divulga ciência no YouTube do Brasil? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, 42., 2019, Belém. **Anais...** . Belém: Intercom, 2019. p. 1-15. Disponível em:
<<https://portalintercom.org.br/anais/nacional2019/resumos/R14-0665-1.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2021.

RIFE, P. **Lise Meitner and the Dawn of Nuclear Age**, Boston: Birkhäuser, 1999.

SILBIGER, L. N. O potencial educativo do audiovisual na educação formal. In: ACTAS DO III SOPCOM, VI LUSOCOM e II IBÉRICO, v. 4, 2004. Disponível em:
<<http://www.bocc.ubi.pt/pag/silbiger-lara-potencial-educativo-audiovisual-educacao-formal.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2021.

SILVA, H. C. O que é divulgação científica? **Ciência & Ensino**, v. 1, n. 1, p. 53-59, 2006.

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

SIME, Ruth Lewin. **Lise Meitner: A life in physics**. University of California Press, 1996.

SOARES, Thereza Amélia. Mulheres em ciência e tecnologia: ascensão limitada. **Química Nova**, v. 24, n. 2, p. 281-285, 2001.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C.; CHAGAS, A. P. Alguns Aspectos Históricos da Classificação Periódica dos Elementos Químicos. **Química Nova**, v. 20, n. 1, p. 103-117, jan. 1997. Disponível em:
<http://static.sites.s bq.org.br/quimicanova.s bq.org.br/pdf/Vol20No1_103_v20_n1_13.pdf>. Acesso em: 06 set. 2021.

VON MISES, L. **Caos planejado: Intervencionismo, socialismo, facismo e nazismo**. LVM Editora, 2018.

APÊNDICE A - Roteiro do vídeo “Biografia de Lise Meitner - Infância e a Educação De Mulheres No Século XIX | Mulheres na Ciência #1”

Áudio	Imagens/Sons
<p>Olá pessoal, tudo bem com vocês? Meu nome é Maria Gabriela e neste vídeo eu quero contar a história de uma das maiores mentes de todos os tempos.</p> <p>Lise Meitner foi uma mulher cientista em uma época em que as mulheres não tinham seus trabalhos reconhecidos, evidenciados; uma física nuclear em um período em que a estrutura atômica estava sendo aos poucos compreendida. E, principalmente, uma pessoa que, apesar de todos os obstáculos enfrentados pelo seu gênero e por sua ascendência judaica, nunca perdeu a sua humanidade.</p> <p>Lise Meitner é uma das tantas mulheres que teve sua trajetória silenciada pela história que nos é contada da ciência. Ora, onde estão as mulheres que fizeram parte dessa história? Porque são tão poucas, quase invisíveis, quando comparadas ao número de homens que têm seus estudos reconhecidos e divulgados?</p> <p>As mulheres nem sempre tiveram as mesmas oportunidades que homens de acessarem os recursos da sociedade, sendo constantemente privadas à educação, mas não aquelas relacionadas a afazeres domésticos, bordado... e a participar de decisões de caráter público e coletivo. Além disso, muitas mulheres cientistas não tinham suas pesquisas reconhecidas, nem</p>	<p>Maria Gabriela falando e olhando para a câmera</p> <p>~Abertura com imagens de Lise</p> <p>~Lettering: Lise Meitner</p> <p>~Fotos de Lise</p> <p>~Foto de Lise e Otto, no laboratório improvisado</p>

<p>sequer recebiam investimentos ou local apropriado para trabalharem.</p> <p>Foi nesse contexto , marcado pela desigualdade de gênero - Vamos falar no português bem claro: marcado pelo machismo que Lise Meitner nasceu, em novembro de 1878. Nessa série de vídeos, irei contar as contribuições científicas de Lise, mas também quero que você conheça um pouco da trajetória pessoal de Lise Meitner!</p> <p>Afinal de contas, a vida de Lise não foi marcada apenas de números e equações, mas também pelo contexto social, político e tecnológico em que viveu. Estamos falando de alguém que passou por duas guerras mundiais e cujo a própria história está diretamente ligada com a criação da primeira bomba atômica.</p>	<p>~Foto de Lise</p> <p>~Foto da bomba atômica</p>
<p>E para começarmos a nossa história, devemos sobrevoar até uma cidadezinha charmosa, conhecida pela boa música que servia em suas óperas e pela vista de tirar o chapéu.</p> <p>Viena Imperial tinha uma cultura heterogênea. Sua língua principal era a alemã, mas sua população era bastante diversificada.</p> <p>Sobretudo, a partir da constituição de 1867, que promoveu maior igualdade cívica e tolerância religiosa, a capital austríaca era escolhida como lar de diversas famílias judaicas. O pai de Lise fez parte do primeiro grupo de homens judeus que teve permissão para estudar direito e exercer a advocacia.</p> <p>Lise Meitner foi a terceira de oito filhos do casal Philipp e Hedwig Meitner. Apesar da família numerosa, Lise e seus irmãos</p>	<p>Maria Gabriela falando e olhando para a câmera</p> <p>~foto de Viena</p> <p>~foto da família de Lise</p>

<p>tiveram uma infância confortável, com acesso a livros e aulas de música.</p> <p>A música, em Viena, era tão importante quanto o ar que se respira. Foi a mãe de Lise a responsável por introduzir o piano na vida da filha. O pai de Lise, incentivou a lógica, e contratou professores para lhe ensinar matemática desde cedo. A casa de Lise era frequentada por intelectuais e pessoas interessantes que discutiam, sobretudo, política.</p> <p><i>“estou cheia de profunda gratidão pela bondade incomum de meus pais e pela atmosfera intelectual extraordinariamente estimulante em que minhas irmãs, meus irmãos e eu crescemos”</i></p> <p>Philipp e Hedwig incentivaram tanto a educação dos filhos como das filhas. É importante destacar que, na Áustria do século XIX, havia distinção quanto ao acesso à educação por meninas e meninos.</p>	<p>~Lettering com a citação de Lise</p>
<p>Os meninos que possuíam maior desempenho escolar tinham permissão para frequentar o ginásio e prestar o Matura (um exame final necessário para acessar às universidades).</p> <p>Por outro lado, as mulheres eram proibidas de acessarem a universidade e por isso, sua educação secundária era mais enxuta. “Porque ensinar álgebra às meninas se elas iam crescer e cuidar da casa?” Era mais ou menos esse o pensamento da época.</p> <p>Foi por conta disso que, aos 14 anos, Lise concluiu o ensino secundário e foi dispensada de mais escolaridade. Contudo, Lise continuou seus estudos. Nessa época, a única possibilidade para</p>	<p>Maria Gabriela falando e olhando para a câmera</p> <p>~foto de Lise</p>

<p>uma menina seria ensinar uma disciplina que não fosse necessário um diploma universitário. Por isso, Lise escolheu estudar francês.</p>	
<p>Ao mesmo tempo que Lise buscava uma saída para continuar seus estudos, havia no Império Austríaco constantes lutas pelas causas femininas. O divisor de águas, contudo, foi que a Áustria precisava de mulheres médicas (pois até então, recrutavam médicas estrangeiras).</p> <p>A partir de 1899, a Áustria permitiu que as mulheres ingressassem ao ensino superior. Com essa mudança, Lise mergulhou nos livros e frequentou aulas particulares para aprender em dois anos o que os meninos aprendiam em oito. Em 1901, Lise foi uma das quatro garotas aprovadas no <i>Matura</i> e ingressou, finalmente, na Universidade de Viena.</p> <p>A Universidade de Viena era constituída por prédios avulsos que se espalhavam entre as residências e comércios do bairro. Lise tinha a impressão que se um incêndio acontecesse ali, ninguém sairia vivo.</p> <p>Apesar da estrutura material degradada, o ensino e pesquisa oferecidos lá eram de ponta. Um dos professores que Lise tinha grande afeto e admiração era Ludwig Boltzmann, um físico teórico de bastante renome para a termodinâmica.</p> <p>Lise tinha receio de que não estivesse no mesmo nível intelectual de seus colegas homens, afinal não tinha tido o mesmo acesso à educação que eles. Por isso, lotava sua grade com disciplinas e</p>	<p>Maria Gabriela falando e olhando para a câmera</p> <p>~foto da Universidade de Viena;</p> <p>~Foto de Lise</p> <p>~Foto de Boltzmann</p>

<p>dedicava suas horas livres em palestras, aulas de laboratórios e encontros de discussão.</p> <p>Em 1906, foi a segunda mulher em Viena a obter o título de doutorado em física. No mesmo ano, Lise começou pesquisas no campo da radioatividade, uma área recém descoberta.</p> <p>Em 05 de setembro de 1906, um acontecimento deixou Lise bastante abalada, seu querido professor Boltzmann, que possuía uma depressão severa, cometeu suicídio. Em vida, Boltzmann havia relatado seu arrependimento ao recusar uma cadeira na Universidade de Berlim.</p> <p>Ciente de que em Viena, por ser mulher, suas opções de carreira eram limitadas. E, talvez movida pelo recente falecimento de seu professor, Lise decidiu pedir a ajuda financeira dos pais para mudar-se para Berlim.</p>	<p>~Foto de Lise, 1907</p> <p>~Foto de Boltzmann</p>
<p>A vida de Lise na capital alemã foi marcada por conquistas e barreiras, mas ela precisava alçar novos voos em busca de oportunidades!</p> <p>No próximo vídeo dessa série veremos que o que seria um período temporário na capital alemã acabou se tornando 31 anos. Até que Lise precisou fugir do país em virtude do nazismo.</p> <p>Durante seus anos na Alemanha, Lise conheceu cientistas influentes como Albert Einstein, Niels Bohr e Rutherford</p> <p>Iremos conhecer também mais a fundo as contribuições de Lise para a fissão nuclear e o que ela tem a ver com a bomba atômica.</p> <p>Se você gostou desse vídeo, deixe o seu gostei, inscreva-se no</p>	<p>Maria Gabriela falando e olhando para a câmera</p> <p>~Foto de Einstein, Bohr e Rutherford</p> <p>~Foto da bomba atômica</p>

canal e continue assistindo ao segundo vídeo dessa série.	
---	--

APÊNDICE B - Roteiro do vídeo “Biografia de Lise Meitner - Fissão Nuclear, Bomba Atômica e Prêmio Nobel | Mulheres na Ciência #2”

Áudio	Imagens
<p>Olá pessoal, tudo bem? Meu nome é Maria Gabriela e este é o segundo de uma série de vídeos sobre Lise Meitner.</p> <p>No vídeo anterior, conhecemos um pouco sobre a infância de Lise e como foi a sua trajetória até se tornar a segunda mulher a obter o título de doutorado pela Universidade de Viena.</p> <p>Neste vídeo, iremos acompanhar como foi a vida dessa jovem e tímida garota, que aos 28 anos de idade chegava para tentar a vida em Berlim.</p>	<p>Maria Gabriela falando e olhando para a câmera</p> <p>~Abertura com imagens de Lise</p> <p>~Lettering: Lise Meitner</p> <p>~Foto da família de Lise e foto da Lise em 1906</p>
<p>Lise, que já era doutora e tinha feito três pesquisas independentes, ainda dependia de seus pais para se sustentar. Afinal, uma mulher pesquisadora não tinha muitas possibilidades de carreira no início do século XX.</p> <p>Logo que chegou em Berlim, em 1907, Lise pediu a permissão de Max Planck para assistir sua palestra (sim, naquela época as mulheres precisavam de autorização para assistir uma palestra... e ainda tinha vezes que eram negadas)... Max Planck a aceitou.</p> <p>Foi somente em Berlim que Lise teve contato com conceitos como o <i>quantum</i>. Certa vez, Planck havia convidado Lise à sua</p>	<p>Maria Gabriela falando e olhando para a câmera</p> <p>~Foto de Lise, 1907</p> <p>~Foto de Max Planck</p>

<p>casa, naquela ocasião foi claro para ela que o famoso físico teórico não tinha uma opinião tão positiva em relação às estudantes mulheres.</p> <p>Na mesma época, Lise conheceu Otto Hahn, que tinha pouca diferença de idade com Lise e era bastante simpático. Hahn convidou Lise para trabalhar com ele.</p> <p>Contudo, Otto fazia suas pesquisas no laboratório do químico orgânico Emil Fischer, que não aceitava mulheres no seu instituto e nem em suas palestras. Fischer permitiu que Lise trabalhasse com Hahn, desde que Lise promettesse não entrar no departamento de química.</p> <p>Foi assim que Otto improvisou para Lise um laboratório em um porão, que em outro momento funcionava como uma carpintaria. No ano seguinte, quando o acesso às mulheres nas universidades prussianas foi autorizado, Fischer aceitou que Lise frequentasse o seu instituto.</p>	<p>~Foto de Lise e de Otto, 1913</p> <p>~Foto de Lise, Otto e Rutherford</p> <p>~Foto de Lise e Otto no laboratório improvisado</p>
<p>Lise conheceu Albert Einstein em um congresso em 1909. Lá, Einstein falou sobre a famosa fórmula da teoria da relatividade $E=mc^2$. Mais tarde, essa mesma fórmula daria o <i>insight</i> para que Lise explicasse como ocorria a fissão nuclear.</p> <p>Tudo indica que Lise fez pesquisas sem remuneração até 1913, quando recebeu um cargo de assistente depois de ameaçar se mudar para Praga (<i>isto é, se não tivesse ameaçado sair, talvez teria trabalhado de graça pelo resto da vida... quem precisa de dinheiro não é mesmo?</i>). Por mais que ambos tivessem um nível de experiência bastante similar, Lise só teve um salário parecido</p>	<p>Maria Gabriela falando e olhando para a câmera</p> <p>~Foto de Einstein</p> <p>~Foto do KWG</p>

<p>com o de Otto em 1917, quando se tornou chefe do Departamento de Física Nuclear do instituto que trabalhava.</p> <p>Durante a Primeira Guerra Mundial, Lise ajudou os feridos da guerra atuando como radiologista em hospitais austríacos. Enquanto Hahn serviu pelo exército alemão, ajudando a organizar ataques com gases tóxicos. Lise, que era contra o uso da ciência para fabricar armas, ficou bastante chateada com o parceiro.</p> <p>Na época, a tabela periódica ainda não tinha todos os elementos que conhecemos atualmente. E, mesmo durante a primeira guerra, Lise e Otto continuaram suas pesquisas e acabaram fazendo parte da descoberta de um novo elemento químico, o protactínio.</p>	<p>~Foto de Lise como radiologista na frente austríaca</p> <p>~Foto de Lise e Otto no KWG, 1913</p>
<p>Após a Alemanha perder a Primeira Guerra Mundial, houve uma grande inflação/CRISE ECONOMICA no país e conflitos sociais que resultaram no nazismo. Com a ascensão de Adolf Hitler ao poder, em 1933, restrições aos judeus foram impostas. Cargos na área da educação não poderiam mais ser ocupados por judeus ou descendentes.</p> <p>Lise havia sido batizada como protestante em 1908. Mesmo assim, devido sua ascendência judaica, foi afastada do cargo na universidade. Contudo, Lise continuou trabalhando como pesquisadora no instituto de física, até 1938.</p> <p>Isso porque a Áustria, que era seu país natal, foi tomado pelas tropas nazistas e Lise deixou de ser uma estrangeira protegida. A partir desse momento, Lise estava sujeita às leis antissemitas mais radicais. Com a ajuda de amigos, Lise fugiu da Alemanha em direção à Holanda, onde permaneceu por pouco tempo.</p>	<p>Maria Gabriela falando e olhando para a câmera</p> <p>~Foto dos soldados nazistas</p> <p>~Foto de Lise como professora</p> <p>~Foto de Lise no departamento de física</p>

<p>Niels Bohr foi um dos amigos de Lise que orquestrou a fuga. Hahn, que não soube do plano da parceira até poucos dias antes de Lise partir, deu a sua amiga um anel de ouro e diamantes que havia herdado de sua mãe para Lise oferecer como suborno para as autoridades da fronteira. Não foi necessário, pois as pessoas que a ajudaram na etapa da Holanda preparam documentos falsos que alegavam que Lise visitaria o país temporariamente para algumas conferências científicas.</p> <p>Ao sair da Holanda, Lise se hospedou alguns dias na casa de Bohr e sua esposa. Depois, mudou-se para a Suécia.</p>	<p>~Foto de Bohr ~Foto de Lise e Otto, antes da fuga</p>
<p>Mesmo distantes, Lise e Hahn continuaram suas pesquisas por meio de correspondências. Lise insistiu a Hahn e seu assistente Fritz Strassmann que continuassem a pesquisa que haviam começado sobre o urânio. No final de 1938, Lise recebeu uma carta de Hahn sobre uma estranha “explosão” que ocorreu com o urânio, formando bário.</p> <p>Durante uma caminhada no bosque, Lise e seu sobrinho, Otto Robert Frisch, estavam conversando sobre essa estranha “explosão” relatada por Hahn... Foi quando eles perceberam que, pela fórmula $E = m.c^2$, a massa não poderia ser perdida, mas sim o núcleo atômico poderia ser “dividido em dois”.</p> <p>Foi neste momento inédito que Lise e seu sobrinho haviam acabado de compreender o funcionamento da fissão nuclear - tecnologia esta que é até hoje utilizada em usinas nucleares para gerar energia elétrica e, também, infelizmente é o princípio da bomba atômica.</p>	<p>Maria Gabriela falando e olhando para a câmera ~Foto de Lise, Fritz e Otto</p> <p>~Foto de Frisch</p> <p>~Foto de Lise, Otto</p>

<p>Em dezembro de 1938, Hahn submeteu suas descobertas para uma revista alemã. Lise não foi incluída como autora na publicação. Dentre os motivos para isso, havia a preocupação - devido ao cenário político da Alemanha nazista - com o que poderia acontecer com Otto e Strassmann caso incluíssem uma refugiada com ascendência judaica como autora.</p> <p>Visto que nenhuma revista alemã aceitaria uma publicação de Lise e seu sobrinho, os mesmos encaminharam o artigo para a revista francesa <i>Nature</i>, em janeiro de 1939, em que explicaram de maneira inédita que o núcleo de um átomo poderia ser fragmentado em dois núcleos com massas menores.</p> <p>Apesar de Lise e Frisch terem submetido seus artigos apenas um mês depois que Hahn e seu assistente, a <i>Nature</i> atrasou a publicação... Otton foi reconhecido pela pesquisa submetida sem o nome de Lise, recebendo o prêmio Nobel sozinho em 1944. Lise não foi reconhecida!</p> <p>Frisch confidenciou a Niels Bohr sobre o trabalho que havia feito com Lise e Bohr falou sobre a fissão nuclear em uma conferência que participou nos Estados Unidos. A partir deste momento, discussões acerca da fissão nuclear eclodiram na comunidade científica.</p>	<p>e Fritz</p> <p>~Foto da cerimônia do Nobel</p> <p>~Foto de Bohr</p>
<p>Em 1942, o governo americano deu início ao Projeto Manhattan com o intuito de desenvolver uma arma nuclear. O sobrinho de Lise participou do projeto da bomba atômica e insistiu para que Lise também participasse.</p> <p>Entretanto, Lise recusou-se a fazer parte da construção de um armamento de destruição em massa, como uma bomba nuclear.</p>	<p>Maria Gabriela falando e olhando para a câmera</p> <p>~Foto de Frisch</p>

<p>Quando a primeira bomba atômica foi lançada em Hiroshima, Lise ficou em prantos e se derramou em lágrimas.</p> <p>Para sua infelicidade, Lise foi diretamente ligada à bomba atômica. Logo depois de Lise receber a notícia, foi procurada pela mídia internacional, quando a ex-primeira dama dos Estados Unidos e ativista dos direitos civis, Eleanor Roosevelt, a convidou para uma conversa pela rádio.</p> <p>Na conversa, Lise - que foi parabenizada pela sua contribuição à fissão nuclear - tentou deixar claro que não havia participado do desenvolvimento de nenhuma arma química. Lise também reforçou a importância do uso da ciência para fins pacíficos.</p> <p>Com o fim da guerra, depois do lançamento da segunda bomba atômica em Nagasaki, Lise virou praticamente uma celebridade entre os cidadãos norte-americanos. Em 1946, com 67 anos de idade, Lise passou um semestre nos Estados Unidos, onde ministrou palestras, recebeu o prêmio de mulher do ano e até jantou com o então presidente Harry S. Truman.</p>	<p>~Foto da bomba, em Hiroshima</p> <p>~Fotos dos efeitos da bomba na cidade</p> <p>~Foto do jornal, relacionando Lise à bomba atômica</p> <p>~Foto de Lise</p> <p>~Foto da bomba atômica</p> <p>~Foto de Lise com alunas, nos EUA</p> <p>~Foto da cerimônia mulher do ano e foto de Lise com o presidente</p>
<p>De volta a Estocolmo, a guerra ocasionou um atraso de dois anos na premiação do Nobel. Dessa forma, na cerimônia de 1946, Otto Hahn foi laureado sozinho pelo prêmio Nobel da química, de 1944.</p> <p>A amizade de mais de três décadas entre Hahn e Lise tinha perdido força naqueles últimos anos, sobretudo quando Lise soube das atrocidades cometidas nos campos de concentração nazistas. Em um registro de suas memórias, Otto Hahn descreveu Lise como uma mulher amarga e decepcionada. Apesar disso, Lise estava</p>	<p>Maria Gabriela falando e olhando para a câmera</p> <p>~Foto da cerimônia do Nobel de 1944</p> <p>~Fotos de Lise e Otto para representar o passar do tempo</p>

<p>presente na cerimônia de premiação do Nobel e reconhecia os méritos de Hahn por ser laureado pelo prêmio.</p> <p>Apesar de tudo, na sua palestra durante a cerimônia do Nobel, Hahn utilizou o pronome “nós” e mencionou a participação de Fritz, Lise e Frisch. Inclusive, em seu discurso, Hahn creditou Lise e Frisch por terem cunhado o termo “fissão”.</p> <p>Hahn concedeu parte da quantia financeira recebida pelo prêmio para Lise, que doou o dinheiro para o Comitê Emergencial de Cientistas Atômicos, presidido por Albert Einstein. O comitê havia sido criado com o objetivo de alertar ao público quanto aos perigos do armamento nuclear.</p>	<p>~Foto da cerimônia do Nobel</p> <p>~Fotos de Lise, Fritz e Frisch</p> <p>~Foto de Einstein</p> <p>~Foto da bomba atômica</p>
<p>Aos 81 anos de idade, Lise se mudou para Inglaterra para ficar próxima de sua família. Faleceu em 1968, pouco antes de completar seus noventa anos de idade. Em sua lápide, jaz a seguinte descrição feita por seu sobrinho, “física que nunca perdeu a humanidade”.</p> <p>Termino este vídeo com as palavras da própria Lise, “a vida não precisa ser fácil, desde que não tenha sido vazia”.</p>	<p>Maria Gabriela falando e olhando para a câmera</p> <p>~Fotos de Lise e Hahn idosos</p> <p>~Fotos de Lise</p>

APÊNDICE C - Roteiro do vídeo “Lise Meitner - Tabela Periódica, Protactínio e Elementos Transurânicos | Mulheres na Ciência #3”

Áudio	Imagens
<p>Nos primeiros dois vídeos dessa série, conhecemos um pouco sobre quem foi Lise Meitner, uma mulher que contribuiu para a ciência e teve sua vida marcada por diversos obstáculos, mas também por conquistas.</p> <p>Afinal, Lise foi uma mulher que seguiu carreira científica em uma época marcada pela desigualdade de gênero e também, como a família de Lise tinha ascendência judaica, ela teve sua vida impactada pelas leis nazistas durante a Segunda Guerra Mundial.</p> <p>Apesar dessas e outras dificuldades, Lise teve momentos de conquistas, participando ativamente da construção do conhecimento científico e tendo papel importante na descoberta da fissão nuclear.</p> <p>Se você caiu de paraquedas no terceiro vídeo da série e ficou curioso para saber mais, deixarei linkado aqui na descrição os primeiros vídeos sobre Lise.</p> <p>Porque nesse vídeo iremos falar sobre a conexão dessa cientista com a Tabela mais famosa de todos os tempos... sim, estou falando da Tabela Periódica.</p>	<p>Maria Gabriela falando e olhando para a câmera</p> <p>~Abertura com imagens de Lise</p> <p>~Lettering: Lise Meitner</p> <p>~Fotos de Lise no laboratório, selo comemorativo de 1988</p> <p>~Foto da cerimônia, “mulher do ano”</p>
<p>Você sabia que o nome de vários dos elementos químicos que compõem a tabela periódica na verdade prestam uma homenagem a algo ou a alguém?</p>	<p>Maria Gabriela falando e olhando para a câmera</p>

<p>Pois é... tem algumas homenagens que são mais fáceis de serem percebidas, como o elemento número 84 que se chama “Polônio” porque a cientista que descobriu ele, Marie Curie, quis homenagear a sua terra natal, a Polônia.</p> <p>Mas também tem outros elementos que foram nomeados para homenagear cientistas, como o elemento 99 que se chama Einstênio em homenagem a Albert Einstein ou o elemento 104 que se chama Rutherfórdio para homenagear Ernest Rutherford.</p> <p>Pois então, Lise Meitner foi uma das cientistas que tem o seu nome eternizado na tabela periódica e, por conta disso, o elemento 109 se chama Meitnério em sua homenagem.</p>	<p>~Foto de Marie Curie;</p> <p>~foto de Einstein e foto de Rutherford</p> <p>~Foto de Lise e imagem do elemento 109</p>
<p>Além disso, a história de Lise se cruzou com a história da tabela periódica em dois momentos.</p> <p>Primeiramente, Lise Meitner fez parte do grupo de cientistas que descobriu o elemento de número atômico 91, o protactínio. Isso aconteceu no contexto da Primeira Guerra Mundial, quando ela estava ajudando a tratar os feridos de guerra no seu país natal.</p> <p>No segundo momento, foi quando um cientista chamado Fermi estava fazendo o bombardeamento do núcleo atômico e achava que tinha descoberto elementos químicos com número atômico maior que o urânio.</p>	<p>Maria Gabriela falando e olhando para a câmera</p> <p>~Imagem do elemento 91,</p> <p>~foto de Lise na Guerra como radiologista</p> <p>~Foto de Lise no laboratório</p> <p>~Foto de Fermi</p>

<p>Porém, quando o grupo de pesquisa que Lise fazia parte descobriu e interpretou a fissão nuclear, foi possível perceber que o que Fermi achava que eram novos elementos químicos eram na verdade radiações vindas da fissão nuclear.</p> <p>Tudo isso abriu caminho para que os elementos com número atômico maior que o urânio pudessem de fato serem descobertos, o que levou à síntese dos elementos químicos mais pesados que se tem atualmente na tabela periódica.</p>	<p>~Foto de Lise, Hahn e Fritz e foto de Frisch</p>
<p>Essa foi a série sobre a Mulher e Cientista Lise Meitner, espero que vocês tenham gostado. Um forte abraço!</p>	<p>Maria Gabriela falando e olhando para a câmera ~Fotos de Lise</p>