

As mulheres cientistas e a descoberta de elementos químicos

Juliana Magalhães Charamba de Souza e Lucas dos Santos Fernandes

As narrativas históricas sobre a descoberta de elementos químicos (EQs) apresentam predominantemente personagens masculinos. Buscando dar visibilidade a personagens invisibilizados pela historiografia da ciência tradicional, este estudo investigou a participação de mulheres cientistas na descoberta de EQs. Para isso, foram consultadas fontes históricas primárias e secundárias. A análise dessas fontes revelou que quatorze mulheres cientistas participaram da descoberta de quatorze EQs: Po, Ra, Pa, Re, Fr, At, Db, Rf, Sg, Fl, Mc, Lv, Ts e Og. Além disso, algumas delas, como Marie Curie (1867-1934) e Lise Meitner (1878-1968), contribuíram para o desenvolvimento de teorias que levaram à descoberta de EQs radioativos e artificiais. Espera-se que o levantamento histórico realizado seja utilizado no ensino de Química tanto para discutir conceitos científicos quanto para debater questões de gênero na ciência.

► mulheres cientistas, elementos químicos, História da Química ◀

Recebido em 08/10/2024; aceito em 10/03/2025

67

Introdução

A tabela periódica (TP) dos elementos químicos (EQs) é um dos maiores ícones da ciência moderna (Scerri, 2020).

Na versão atual da TP, os 118 EQs conhecidos estão organizados em ordem crescente de número atômico, distribuídos em 18 colunas (grupos ou famílias) e sete linhas (períodos). A TP é a representação bidimensional da Lei Periódica, a qual estabelece que, ao serem dispostos em ordem crescente de número atômico, os EQs se agrupam em famílias ou grupos com propriedades físicas e químicas semelhantes (Atkins *et al.*, 2018).

O desenvolvimento da TP teve início no primeiro quartel do século XIX com a participação coletiva de homens e mulheres interessados(as) no progresso da Química e em formas de relacionar e organizar os EQs conhecidos. As narrativas históricas sobre a TP, em sua maioria, apresentam quase que exclusivamente personagens masculinos, sobretudo Dmitri Mendeleiev (1834-1907) (Freitas e Baldinato, 2023). No

A predominância de personagens masculinos também é frequente nas narrativas históricas sobre a descoberta de EQs (Lykknes e Van Tiggelen, 2019). Dessa forma, verifica-se que “[...] a ausência das mulheres e o respectivo silêncio em torno de sua presença na história e, por extensão, na história das ciências acabam por revelar, eles próprios, a associação hegemônica entre masculinidade e pensamento científico” (Bandeira, 2008, p. 209-210).

entanto, antes do químico russo construir a sua primeira versão da TP, sua compatriota, a química Julia Lermontova (1846/1847-1919), desenvolveu uma técnica analítica para a separação dos metais do grupo da platina (Ru, Rh, Pd, Os, Ir e Pt) (Boeck, 2019). Utilizando-se dessa técnica, químicos da época determinaram os pesos atômicos desses metais e Mendeleiev os posicionou corretamente em suas primeiras versões da TP.

A predominância de personagens masculinos também é frequente nas narrativas históricas sobre a descoberta de EQs (Lykknes e Van Tiggelen, 2019). Dessa forma, verifica-se que “[...] a ausência das mulheres e o respectivo silêncio em torno de sua presença na história e, por extensão, na história das ciências acabam por revelar, eles próprios, a associação hegemônica entre masculinidade e pensamento científico” (Bandeira, 2008, p. 209-210).

Considerando que as contribuições científicas das mulheres foram, por muito tempo, negligenciadas pela historiografia da ciência tradicional, o presente estudo, pautado pela



historiografia da ciência contemporânea, teve como objetivo investigar a participação de quatorze mulheres cientistas na descoberta de quatorze EQs. Devido à indisponibilidade de informações biográficas sobre as cientistas envolvidas nas descobertas de EQs superpesados ($Z > 104$), serão apresentados esboços biográficos mais detalhados sobre cinco cientistas: Marie Curie, Lise Meitner, Ida Noddack, Marguerite Perey e Yvette Cauchois.

Fontes históricas

Esta pesquisa se apoia em pressupostos da historiografia da ciência contemporânea, que trouxe a revalorização das técnicas, dos conhecimentos e das personagens esquecidas pela historiografia da ciência tradicional (Goldfarb, 1994). Essa perspectiva historiográfica apresenta os seguintes aspectos: (i) questiona a linearidade e sugere a existência de rupturas no processo de construção do conhecimento; (ii) reconstrói ideias, modelos, teorias e descobertas considerando a época e o contexto em que surgiram; (iii) desconsidera a ideia de grandes gênios e busca resgatar personagens ocultos, tais como: mulheres, negros, homossexuais, indígenas, entre outros.

As fontes primárias foram: (i) artigos nos quais as descobertas de EQs foram anunciadas; (ii) pareceres nos quais a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) chancelou as descobertas de EQs transurânicos (Quadro 1). As fontes secundárias correspondem a livros sobre a história das descobertas de EQs (Quadro 2).

A partir dessas fontes históricas, foi possível estabelecer a participação das mulheres cientistas nas descobertas de EQs discutidas a seguir.

As descobridoras de elementos químicos

De acordo com as fontes consultadas, quatorze mulheres participaram da descoberta de quatorze EQs. O Quadro 3 apresenta informações sobre essas cientistas e suas descobertas.

Essas contribuições científicas quase não são divulgadas ou discutidas no ensino de Química, sobretudo as mais recentes, envolvendo EQs superpesados (Souza, 2024).

Marie Curie: Polônio e Rádio

Enquanto preparava sua tese de doutorado na França, Marie Curie, cientista de origem polonesa, participou das primeiras pesquisas sobre a radioatividade. Nesse contexto, ela desenvolveu um método que veio a permitir a descoberta de EQs a partir da detecção da radiação nuclear emitida (Curie, 2011). Inicialmente, ela detectou a radiação emitida pelo tório e seus compostos. Em seguida, ela observou que a radiação emitida pela pechblenda (U_3O_8) era maior que a emitida pelo urânio, primeiro EQ reconhecidamente radioativo. A partir dessa evidência, ela formulou a hipótese de que havia nesse mineral um novo EQ radioativo.

A análise química de toneladas de pechblenda produziu duas frações radioativas: uma contendo bismuto e

Quadro 1: Pareceres da IUPAC sobre as descobertas de elementos químicos transurânicos.

Elemento (Z)	Título	Ano
Rutherfórdio (104) Dúbnio (105) Seabórgio (106)	Discovery of the Transfermium Elements	1992
Fleróvio (114) Livermório (116)	Discovery of the elements with atomic numbers greater than or equal to 113	2011
Moscóvio (115) Tennesso (117)	Discovery of the elements with atomic numbers $Z = 113, 115$ and 117	2016
Oganessônio (118)	Discovery of the element with atomic number $Z = 118$ completing the 7th row of the periodic table	2016

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 2: Livros sobre as histórias das descobertas de elementos químicos.

Autores	Título	Ano
Chapman, K.	Superheavy: making and breaking the periodic table	2019
Hoffman, D. C.; Ghiorso, A.; Seaborg, G. T.	The Transuranium People: the inside history	2001
Fontani, M.; Costa, M.; Orna, V.	The Lost Elements: The Periodic Table's Shadow Side	2015
Lykknes, A.; Van Tiggelen, B.	Women in their Elements: selected women's contributions to the periodic system	2019
Scerri, E.	The Periodic Table: Its Story and Its Significance	2020
Weeks, M. E.	Discovery of the Elements	1960

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 3: Elementos químicos, cientistas descobridoras, local e ano das descobertas.

Elementos Químicos (${}_Z$ Símbolo)	Descobridoras (nasc. - falec.)	Países / Ano*
Polônio (${}_{84}\text{Po}$)	Marie Curie (1867-1934)	França / 1898
Rádio (${}_{88}\text{Ra}$)	Marie Curie (1867-1934)	França / 1898
Protactínio (${}_{91}\text{Pa}$)	Lise Meitner (1878-1968)	Alemanha / 1918
Rênio (${}_{75}\text{Re}$)	Ida Noddack (1896-1978)	Alemanha / 1925
Frâncio (${}_{87}\text{Fr}$)	Marguerite Perey (1900-1975)	França / 1939
Astato (${}_{85}\text{At}$)	Yvette Cauchois (1908-1999)	França / 1939
Rutherfordio (${}_{104}\text{Rf}$)	Pirkko Eskola (?-presente)	EUA / 1969
Dúbnio (${}_{105}\text{Db}$)	Pirkko Eskola (?-presente)	EUA / 1970
Seabórgio (${}_{106}\text{Sg}$)	Carol Alonso (1941-presente)	EUA / 1974
Fleróvio (${}_{114}\text{Fl}$)	Dawn Shaughnessy (1971-presente) Nancy Stoyer (?-presente) Jacqueline Kenneally (?-presente)	EUA – Rússia / 2004
Moscóvio (${}_{115}\text{Mc}$)	Dawn Shaughnessy (1971-presente) Nancy Stoyer (?-presente)	EUA – Rússia / 2010
Livermório (${}_{116}\text{Lv}$)	Dawn Shaughnessy (1971-presente) Nancy Stoyer (?-presente) Jacqueline Kenneally (?-presente)	EUA – Rússia / 2004
Tennesso (${}_{117}\text{Ts}$)	Dawn Shaughnessy (1971-presente) Nancy Stoyer (?-presente) Julie Ezold (?-presente) Clarice Phelps (?-presente) Rose Boll (?-presente) Shelley Van Cleve (?-presente)	EUA – Rússia / 2010
Oganessônio (${}_{118}\text{Og}$)	Dawn Shaughnessy (1971-presente) Nancy Stoyer (?-presente) Jacqueline Kenneally (?-presente)	EUA – Rússia / 2006

*Ano em que o primeiro artigo reconhecido pela IUPAC como evidência da descoberta foi publicado. Fonte: Elaborado pelos autores.

outra contendo bário. Ao investigar a primeira, ela obteve uma mistura de bismuto cerca de quatrocentas vezes mais radioativa que o urânio (Curie, 2011). Considerando que os EQs radioativos conhecidos já haviam sido removidos e que a fração continuava fortemente radioativa, ela concluiu que havia na amostra um novo EQ radioativo, e o denominou polônio (Po), em homenagem à sua terra natal. Em 1910, Marie Curie obteve o espectro de emissão do polônio. Posteriormente, a física francesa Yvette Cauchois (1908-1999) e a radioquímica polonesa Sonia Cotelle (1896-1945) ajudaram a determinar o número atômico do polônio ($Z = 84$) por meio da espectroscopia de raios-x.

A outra fração contendo bário era cerca de 900 vezes mais radioativa que o urânio e, a partir dela, foi possível identificar, no final de 1898, mais um EQ, chamado de rádio (Ra), por causa da intensa emissão de raios (radiação nuclear). Quatro anos depois, Marie Curie obteve um decígrama de cloreto de rádio (RaCl_2) puro. Em 1907, ela determinou o seu peso

atômico (226,2u) e, em 1910, isolou o rádio em sua forma metálica (Curie, 2011).

Em 1910, Marie Curie obteve o espectro de emissão do polônio. Posteriormente, a física francesa Yvette Cauchois (1908-1999) e a radioquímica polonesa Sonia Cotelle (1896-1945) ajudaram a determinar o número atômico do polônio ($Z = 84$) por meio da espectroscopia de raios-x.

O método de detecção da radiação emitida levou à descoberta de outros EQs radioativos de ocorrência natural: actínio, astato, frâncio, protactínio e radônio. Dessa forma, Marie Curie participou da descoberta de dois EQs e contribuiu para o descobrimento de outros cinco.

Por suas pesquisas pioneiras sobre radioatividade, Marie Curie compartilhou o prêmio Nobel de Física, em 1903, com seu esposo e parceiro de pesquisa, Pierre Curie (1859-1906) e com o físico francês Henry Becquerel (1852-1908). Posteriormente, em 1911, ela foi laureada individualmente com o Nobel de Química “Em reconhecimento de seus serviços para o avanço da Química pela descoberta dos elementos rádio e polônio, pelo isolamento do rádio e pelo estudo da natureza e dos compostos desse elemento notável” (Nobel Foundation, 2024).

Marie Curie frequentou o laboratório de pesquisa até seus últimos dias de vida. A cientista faleceu em 1934, vítima de

leucemia causada pela exposição prolongada às radiações nucleares emitidas por EQs radioativos. A partir de 1949, ela e Pierre Curie foram eternizados na TP por meio do nome do EQ de número atômico 96, o cúrio (Cm). Marie Curie foi a primeira mulher cientista homenageada com um nome de EQ.

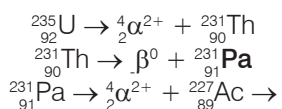
Lise Meitner: Protactínio

Lise Meitner nasceu em Viena, na época capital do Império Austro-Húngaro, no dia sete de novembro de 1878, em uma família de ascendência judaica. Em 1901, com 23 anos de idade, Meitner foi admitida na Universidade de Viena, onde concluiu a graduação e o doutorado em Física no ano de 1905 (Sime, 1997).

Ciente de que não teria oportunidades para fazer pesquisa em Física em seu país, ela partiu para a Alemanha em 1907. Interessada nas pesquisas sobre radioatividade, ela foi encaminhada ao Instituto de Química e Eletroquímica da Universidade Berlim, onde trabalhava o químico Otto Hahn (1879-1968), que a admitiu como assistente. No entanto, havia algumas condições: ela foi acomodada num laboratório improvisado no porão, não recebia remuneração e não podia frequentar as instalações do Instituto de Química, inclusive o banheiro. Para a alegria de Meitner, algumas dessas condições foram revistas em 1909, quando as mulheres passaram a ser admitidas nas universidades alemãs (Sime, 1997).

Em 1913, Meitner foi contratada como professora convidada pelo Departamento de Radioquímica, dirigido por Hahn, no *Kaiser-Wilhelm Institut für Chemie* (KWIC). Nessa época, acreditava-se que o actínio seria produzido pela emissão de uma partícula α por um radioisótopo do EQ de número atômico 91, até então desconhecido (Roqué, 2019). Na busca por este EQ, Meitner e Hahn analisaram sais derivados da pechblenda. Após cinco anos de trabalho, em 1918, eles anunciaram a descoberta do protactínio (Pa) (Dantas, 2022).

Meitner e Hahn detectaram a emissão de partículas α pelo protactínio e acompanharam a produção de actínio. O protactínio é um dos radioisótopos produzidos ao longo da série de decaimento espontâneo do urânio-235:



Meitner ainda fez parte do grupo de cientistas que descobriu a fissão nuclear. Dessa forma, seu trabalho forneceu contribuições para a posterior síntese de todos os EQs transurânicos conhecidos (26) e de uma infinidade de radioisótopos artificiais utilizados na indústria e na medicina.

Lise Meitner não foi laureada com o prêmio Nobel, apesar

das 19 indicações em Química e das 30 indicações em Física, segundo dados da Fundação Nobel. Ela se aposentou em 1960 e mudou-se para Cambridge, onde faleceu em 1968. A partir de 1997, seu nome foi imortalizado na TP por meio do EQ de número atômico 109, o meitnério (Mt).

Ida Noddack: Rênio

Ida Eva Tacke nasceu em Lackhausen, Alemanha. Ela estudou engenharia metalúrgica e doutorou-se em Química Orgânica em 1921 (Marshall, 2018). Após se casar, em 1926, com o químico alemão Walter Noddack (1893-1960), ela adotou o sobrenome do marido. Em 1925, o casal Noddack, juntamente com o químico alemão Otto Berg (1873-1939), anunciou a descoberta de dois EQs: rênio (Re) e masúrio (Ma) (atualmente chamado tecnécio).

O rênio ($Z=75$) foi descoberto por meio de análises químicas realizadas em amostras dos minerais columbita $[(\text{Fe},\text{Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6]$, tantalita $[(\text{Fe},\text{Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6]$ e wolframita $[(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4]$. Seu nome homenageia o Rio Reno, principal curso de água da região em que Ida Noddack nasceu. Além de caracterizar o rênio por meio da espectroscopia de raios-x, em 1929, os Noddack isolaram 1g do elemento e determinaram suas propriedades físicas e químicas. O isolamento e a caracterização

do rênio afastaram qualquer contestação sobre a descoberta desse EQ (Marshall, 2018). Por essas contribuições, Ida Noddack foi indicada ao Nobel em Química em três oportunidades (1933, 1935 e 1937), mas não foi laureada.

Por sua vez, a descoberta do masúrio ainda é alvo de discussões, pois há evidências de que o casal Noddack poderia ter detectado esse EQ em minerais contendo urânio (Fernandes, 2022). Contudo, questionamentos sobre os dados do espectro de raios-x e a incapacidade de isolar o masúrio minaram a credibilidade dessa descoberta na época.

Posteriormente, em 1937, cientistas italianos detectaram um radioisótopo do EQ de número atômico 43 em uma placa de molibdênio ($Z = 42$) que havia sido bombardeada com deutério (${}^2_1\text{H}$). Eles deram ao novo EQ o nome de tecnécio (Tc), que deriva da palavra grega para artificial. Recentemente, a controvérsia científica em relação ao EQ 43 teve novos desdobramentos, com novas reivindicações de descoberta em favor de Ida Noddack (Fernandes, 2022). As discussões sobre a descoberta do masúrio não foram encerradas e podem revelar novas evidências a favor ou contra a reivindicação da química alemã.

Ida Noddack sugeriu a hipótese da divisão dos núcleos atômicos em 1934, porém sua proposição não foi seriamente considerada pelos cientistas da época (Sime, 1997). Cinco anos depois, no início de 1939, foram publicados os primeiros estudos evidenciando a fissão nuclear.

Alternando períodos em que trabalhou como pesquisadora, com e sem remuneração, em laboratórios chefiados

Ida Noddack sugeriu a hipótese da divisão dos núcleos atômicos em 1934, porém sua proposição não foi seriamente considerada pelos cientistas da época (Sime, 1997). Cinco anos depois, no início de 1939, foram publicados os primeiros estudos evidenciando a fissão nuclear.

por seu marido, ela se aposentou em 1968 e faleceu dez anos depois.

Marguerite Perey: Frâncio

A química francesa Marguerite Perey iniciou sua carreira como assistente de pesquisa de Marie Curie no Instituto do Rádio de Paris em 1929. Dez anos depois, enquanto pesquisava o decaimento do actínio, ela observou a presença de um radioisótopo que apresentava meia-vida de 20 minutos e que se precipitava em soluções de perclorato de cério (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 2019). A partir dessas evidências, ela concluiu que se tratava do EQ de número atômico 87, formado a partir da emissão de uma partícula α por núcleos de actínio:

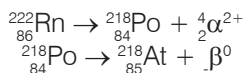


Considerando que as suas propriedades químicas fossem típicas de um metal alcalino, o novo EQ foi posicionado abaixo do cério na tabela periódica e o nome escolhido foi frâncio (Fr), em homenagem ao país de sua descobridora.

O frâncio deu fôlego à carreira acadêmica de Perey, que concluiu o doutorado em 1946 com uma tese baseada na descoberta desse EQ. Três anos depois, ela foi nomeada professora e pesquisadora da área de Química Nuclear na Universidade de Estrasburgo. Nesse período, ela estava interessada em investigar as aplicações biológicas do frâncio. A partir de 1951, seus problemas de saúde causados pela exposição à radiação nuclear começaram a se intensificar. A partir daí, ela alternou períodos de melhora com internações hospitalares, até falecer em 1975 (Adloff e Kauffman, 2005).

Yvette Cauchois: Astatato

Durante o doutorado, a física francesa Yvette Cauchois desenvolveu um espectrômetro de raios-x de alta resolução que tornou possível detectar linhas de baixa intensidade (Van Tiggelen, 2019). Em 1939, utilizando esse equipamento, conhecido como espectrógrafo de Cauchois, ela e seu orientador, o físico romeno Horia Hulubei (1896-1972), detectaram o EQ de número atômico 85 entre os produtos da desintegração de um radioisótopo do radônio:



Apesar dessas evidências, a descoberta não foi reconhecida por todos os membros da comunidade científica, pois, entre outras exigências, havia a necessidade de isolar e caracterizar quimicamente o novo EQ. No ano seguinte, um grupo de cientistas estadunidenses sintetizou o EQ de número atômico 85 artificialmente. Esses cientistas caracterizaram e

sugeriram seu nome definitivo: astato, que deriva da palavra grega *'astatos'*, instável.

Segundo Thornton e Burdette (2010), Hulubei e Cauchois possuíam amostras contendo astato, contudo há dúvidas se o espectrômetro de raios-x de que eles dispunham seria capaz de detectá-lo. A descoberta do astato é uma controvérsia científica em aberto na história da Química, pois não há um consenso entre os historiadores em relação aos descobridores.

Após atuar no Centro Nacional de Pesquisas Nucleares da França, Cauchois foi nomeada professora da Universidade de Paris em 1945, e permaneceu nesse posto até se aposentar em 1978 (Bonnelle, 2001). Mesmo aposentada, ela continuou frequentando o laboratório. Nos últimos anos de vida, ela diminuiu o ritmo de trabalho e se dedicou a outras atividades. Cauchois faleceu aos 90 anos em decorrência de complicações respiratórias.

As mulheres cientistas e os elementos químicos superpesados

Áreas de pesquisa recém descobertas tendem a atrair mulheres cientistas devido à baixa competitividade com pesquisadores homens (Trindade *et al.*, 2016). No entanto, à medida que uma área de pesquisa passa a ser valorizada, a entrada de homens é seguida pelo êxodo e pela desvalorização das mulheres. Um exemplo disso é a radioatividade. No início do século XX, quando surgiram as primeiras pesquisas, diversas mulheres cientistas se destacaram, tais como Marie Curie, Lise Meitner e Irène Joliot-Curie. Posteriormente, quando essa área se valorizou, poucas mulheres estiveram em evidência (Rayner-Canham e Rayner-Canham, 1997).

Ainda assim, diversas mulheres estiveram envolvidas nas descobertas de EQs transurânicos superpesados. Esses EQs foram sintetizados em aceleradores de partículas (ciclotrons) por meio da fusão entre núcleos pesados (alvos) e núcleos leves (projéteis). Uma vez sintetizados, esses EQs superpesados sofrem fissão nuclear espontânea em segundos ou frações de segundo. Nesse processo, são liberados nêutrons e outros tipos de partículas subatômicas. A

deteção desses EQs envolve a observação da fissão nuclear espontânea desses núcleos instáveis e a mensuração do tempo de meia-vida dos núcleos formados (Kragh, 2020).

Pirkko Eskola, física finlandesa, fez parte da equipe que produziu dois EQs superpesados (Hoffman *et al.*, 2001). Nesse período, ela estava fazendo intercâmbio em Berkeley, preparando a sua tese de doutorado. Enquanto seus colegas executavam a parte experimental no acelerador de partículas, Eskola estudava os dados armazenados no computador, procurando assinaturas da existência de novos EQs (Frederick-Frost, 2021).

Alguns átomos de rutherfordóidio ($^{257}_{104}\text{Rf}$) foram sintetizados, em 1969, por meio da fusão entre núcleos de $^{249}_{98}\text{Cf}$ e núcleos de $^{12}_6\text{C}$. Por sua vez, os primeiros átomos de dúbnio ($^{260}_{105}\text{Db}$) foram produzidos pela mesma equipe de cientistas, em 1970, por meio da fusão nuclear entre $^{249}_{98}\text{Cf}$ e $^{15}_7\text{N}$ (Hoffman *et al.*, 2001). Os cientistas de Berkeley compartilham a descoberta do dúbnio com pesquisadores soviéticos do *Joint Institute for Nuclear Research* (JINR), que o haviam sintetizado em 1968.

A física nuclear canadense-americana Carol Travis Alonso fez parte da equipe de cientistas que descobriu, em 1974, o EQ de número atômico 106, chamado de seabórgio (Sg). Esse EQ foi produzido por meio da fusão entre núcleos de $^{249}_{98}\text{Cf}$ e $^{18}_8\text{O}$.

As descobertas dos cinco últimos EQs superpesados (Fl, Mc, Lv, Ts e Og) contaram com a participação de várias mulheres cientistas estadunidenses filiadas a diversos laboratórios e universidades. Esses EQs foram sintetizados a partir da fusão entre núcleos pesados e o radioisótopo $^{48}_{20}\text{Ca}$. Entre as descobridoras desses EQs, destaca-se Dawn Shaughnessy, que participou da descoberta de todos e é a principal pesquisadora do grupo de EQs pesados do *Lawrence Livermore National Laboratory* (LLNL). Assim como Shaughnessy, a cientista Jacqueline Kenneally é uma química nuclear que trabalha no LLNL desde 1991 e fez parte das equipes de cientistas que descobriram os EQs: Fl, Lv e Og.

Nancy Stoyer é uma química estadunidense que participou da descoberta de cinco EQs (Fl, Mc, Lv, Ts e Og), auxiliando no processo de detecção desses novos núcleos. Stoyer e seu marido, o cientista Mark Stoyer, criaram um método matemático-computacional para estimar a probabilidade de um decaimento radioativo ser aleatório ou real. A partir do cruzamento entre dados probabilísticos e experimentais do decaimento radioativo espontâneo dos novos EQs superpesados, foi possível evidenciar as descobertas desses novos núcleos (Walter, 2002).

Julie Ezold, Clarice Phelps, Rose Boll e Shelley Van Cleve são cientistas nucleares estadunidenses filiadas ao *Oak Ridge National Laboratory* (ORNL) e fizeram parte da equipe que produziu o radioisótopo berquélio-249, utilizado na síntese do tennesso (Ts) (Ezold, 2019). Ezold liderou a equipe que sintetizou o berquélio-249, enquanto Phelps, Boll e Van Cleve participaram do processo de purificação (Chapman, 2019). Clarice Phelps é considerada, atualmente, a única mulher negra reconhecidamente envolvida na descoberta de um EQ.

As descobertas de EQs artificiais são pouco historiadas, e quando o são, os descobridores são mencionados enquanto grupo (grupo de Berkeley, grupo de Oak Ridge, grupo do LLNL, grupo do JINR, etc.). A menção coletiva da autoria dessas descobertas omite as contribuições científicas das mulheres, pois a ciência foi e ainda é cercada por estereótipos masculinos (Bandeira, 2008).

Considerações finais

Divulgar essas contribuições científicas significa reconhecer o esforço das mulheres que enfrentaram diversos tipos de assédio, discriminações e preconceitos para praticar a mesma Ciência que os homens sempre praticaram. Embora esses obstáculos não tenham sido discutidos, é preciso enfatizar que eles existiram, persistem e precisam ser superados.

As descobertas de EQs apresentadas neste estudo ilustram como as mulheres cientistas contribuíram para a ampliação do sistema periódico. Todavia, considerando que o trabalho intelectual feminino foi por muito tempo ocultado ou minimizado, são necessários mais estudos que evidenciem outras contribuições para o desenvolvimento científico e tecnológico.

Espera-se que o levantamento histórico realizado seja utilizado no ensino de Química para discutir conceitos científicos (elemento químico, átomo, isótopo, tabela periódica, etc.), além de questões de gênero na ciência e na tecnologia. Nesse sentido, as contribuições científicas das mulheres podem ser inseridas no contexto escolar por meio de recursos didáticos, tais como: jogos, aplicativos, *slides*, vídeos, textos históricos e livros, visando a superação da visão predominantemente masculina em relação ao desenvolvimento da Química.

As contribuições das mulheres cientistas para a descoberta de EQs podem ser apresentadas em sequência didáticas baseadas em elementos da História da Ciência para o ensino de TP. Nessa perspectiva, os recursos didáticos utilizados podem conter textos, imagens e vídeos sobre a participação das mulheres no desenvolvimento da TP.

Juliana Magalhães Charamba de Souza (jucharamba@gmail.com) é licenciada em Química e mestre em Química em Rede Nacional (PROFQUI) pela UFRPE. Atualmente é professora da rede estadual de ensino de Pernambuco. **Lucas dos Santos Fernandes** (lucas.fernandes@univasf.edu.br) é licenciado em Química e mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela UFRPE e doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela UFBA/UEFS. Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF).

Referências

- ADLOFF, J. P. e KAUFFMAN, G. B. Marguerite Perey (1909–1975): a personal retrospective tribute on the 30th anniversary of her death. *The Chemical Educator*, v. 10, n. 5, p. 378–386, 2005.
- ATKINS, P.; JONES, L. e LAVERMAN, L. *Princípios de Química*: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 7^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

BANDEIRA, L. A contribuição da crítica feminista à Ciência. *Estudos Feministas*, v. 16, n. 1, p. 207–230, 2008.

BARBER, R. C.; GREENWOOD, N. N.; HRYNKIEWICZ, A. Z.; JEANNIN, Y. P.; LEFORT, M.; SAKAI, M.; ULEHLA, I.; WAPSTRA, A. H. e WILKINSON, D. H. Discovery of the transfermium elements. *Progress in Particle and Nuclear Physics*, v. 29, p. 453–530, 1992.

BARBER, R. C.; KAROL, P. J.; NAKAHARA, H.; VARDACI,

E. e VOGT, E. W. Discovery of the elements with atomic numbers greater than or equal to 113. *Pure and Applied Chemistry*, v. 83, n. 7, p. 1485-1498, 2011.

BOECK, G. Ordering platinum metals – the contribution of Julia Lermontova (1846/47-1919). In: LYKKNES, A.; VAN TIGGELEN, B. (Orgs.). *Women in their Elements: selected women's contributions to the periodic system*. Singapore: World Scientific, 2019.

BONNELLE, C. Yvette Cauchois. *Physics Today*, v. 54, n. 4, 88-89, 2001.

CHAPMAN, K. *Superheavy: making and breaking the periodic table*. London: Bloomsbury, 2019.

CURIE, M. *Escritos Biográficos*. Barcelona: Edicions UAB, 2011.

DANTAS, M. C. S. M. *Histórias cruzadas de mulheres nas ciências: descobertas e obstáculos em busca de novos elementos químicos da tabela periódica*. Dissertação de Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia /Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2022.

EZOLD, J. Life as an element discoverer. *Chemical & Engineering News*, v. 97, n. 31, p. 34-35, 2019.

FERNANDES, L. S. Uma discussão sobre a descoberta do tecnécio à luz de alguns aspectos da natureza da Ciência. *Química Nova na Escola*, v. 43, n. 3, p. 305-310, 2022.

FONTANI, M.; COSTA, M. e ORNA, M. V. *The Lost Elements: The Periodic Table's Shadow Side*. New York: Oxford University Press, 2015.

FREDERICK-FROST, K. The life and career of James Andrew Harris: let's ask more of history. *Journal of Chemical Education*, v. 98, n. 4, p. 1242-1248, 2021.

FREITAS, N. M. A. M. e BALDINATO, J. O. Harriet Brooks e a tabela periódica: um caso para valorizar a participação feminina na história da ciência. *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 16, n. 1, p. 311-335, 2023.

GOLDFARB, A. M. A. *O que é História da Ciência?*. São Paulo: Brasiliense, 1994.

HOFFMAN, D. C.; GHIORSO, A. e SEABORG, G. T. *The Transuranium People: the inside history*. London: Imperial College Press, 2001.

KAROL, P. J.; BARBER, R. C.; SHERRILL, B. M.; VARDACI, E. e YAMAZAKI, T. Discovery of the elements with atomic numbers $Z = 113$, 115 and 117. *Pure and Applied Chemistry*, v. 88, n. 1-2, p. 139-153, 2016.

KAROL, P. J.; BARBER, R. C.; SHERRILL, B. M.; VARDACI, E. e YAMAZAKI, T. Discovery of the element with atomic number $Z = 118$ completing the 7th row of the periodic table. *Pure and Applied Chemistry*, v. 88, n. 1-2, p. 155-160, 2016.

KRAGH, H. The Periodic System and the idea of a chemical

element: from Mendeleev to superheavy elements. *Centaurus*, v. 61, n. 4, p. 329-344, 2020.

LYKKNES, A. e VAN TIGGELEN, B. *Women in their Elements: selected women's contributions to the periodic system*. Singapore: World Scientific, 2019.

MARSHALL, J. L. Ida Noddack: foreteller of nuclear fission. In: MAINZ, V. V.; STROM, E. T. (Orgs.). *The Posthumous Nobel Prize in Chemistry: Ladies in waiting for the Nobel Prize*. Washington: American Chemical Society, 2018.

NOBEL FOUNDATION. *The Nobel Prize in Chemistry 1911*. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1911/marie-curie/facts/>, acesso em: jul. de 2024.

RAYNER-CANHAM, M. F. e RAYNER-CANHAM, G. W. *A Devotion to Science: pioneer women of radioactivity*. Philadelphia: Chemical Heritage Foundation, 1997.

RAYNER-CANHAM, M. e RAYNER-CANHAM, G. Marguerite Perey: the discoverer of francium. In: LYKKNES, A.; VAN TIGGELEN, B. (Orgs.). *Women in their Elements: selected women's contributions to the periodic system*. Singapore: World Scientific, 2019.

ROQUÉ, X. Lise Meitner and protactinium. In: LYKKNES, A.; VAN TIGGELEN, B. (Orgs.). *Women in their Elements: selected women's contributions to the periodic system*. Singapore: World Scientific, 2019.

SCERRI, E. *The Periodic Table: its story and its significance*. 2^a ed. New York Oxford University Press, 2020.

SIME, R. L. *Lise Meitner: a life in Physics*. Berkeley: University of California Press, 1997.

SOUZA, J. M. C. *Contribuições das mulheres cientistas para a descoberta de elementos químicos e suas implicações para o desenvolvimento da tabela periódica*. Dissertação de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, Departamento de Química, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2024.

THORNTON, B. F. e BURDETTE, S. C. Finding eka-iodine: discovery priority in modern times. *Bulletin for the History of Chemistry*, v. 35, n. 2, p. 86-96, 2010.

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

VAN TIGGELEN. Spying on shy elements: Yvette Cauchois and her spectograph. In: LYKKNES, A.; VAN TIGGELEN, B. (Orgs.). *Women in their Elements: selected women's contributions to the periodic system*. Singapore: World Scientific, 2019.

WALTER, K. Present at the creation. *Science & Technology Review*, v. 1, p. 16-23, 2002.

WEEKS, M. E. *Discovery of the Elements*. 6^a ed. Easton: Journal of Chemical Education, 1960.

Abstract: *Women scientists and the discovery of chemical elements.* Historical narratives about the discovery of chemical elements (CEs) predominantly feature male characters. Seeking to give visibility to characters who have been made invisible by the traditional historiography of science, this study investigated the participation of female scientists in the discovery of CEs. For this purpose, primary and secondary historical sources were consulted. The analysis of these sources revealed that fourteen female scientists participated in the discovery of fourteen CEs: Po, Ra, Pa, Re, Fr, At, Db, Rf, Sg, Fl, Mc, Lv, Ts and Og. In addition, some of them, such as Marie Curie (1867-1934) and Lise Meitner (1878-1968), contributed to the development of theories that led to the discovery of radioactive and artificial CEs. It is expected that the historical survey carried out will be used in Chemistry teaching both to discuss scientific concepts and to debate gender issues in science.

Keywords: women scientists, chemical elements, History of Chemistry