



A História da Síntese de Elementos Transurânicos e Extensão da Tabela Periódica Numa Perspectiva Fleckiana

Cristhiane Cunha Flôr

Neste trabalho, alguns aspectos da epistemologia de Ludwik Fleck são empregados na leitura de episódios históricos envolvendo a síntese de elementos transurânicos e consequente alteração da Tabela Periódica. Particularmente, é analisado como ocorreu a comunicação das ideias e produções científicas naquele contexto, à luz dos conceitos fleckianos de *coletivos de pensamento*, *circulação intracoletiva* e *intercoletiva de ideias* e *círculos esotérico e exotérico do conhecimento*.

► Epistemologia de Ludwik Fleck, elementos transurânicos ◀

246

Recebido em 13/01/09, aceito em 08/07/09

Ludwik Fleck nasceu em Lwów, na região da Galícia¹ que hoje faz parte da Ucrânia. Formou-se em medicina e atuou como clínico geral e pesquisador na área de bioquímica e microbiologia, período no qual desenvolveu um forte senso crítico em relação à sua prática e às questões relativas à produção e disseminação do conhecimento científico. Iniciou suas incursões no campo da epistemologia em 1926, quando proferiu uma conferência sobre as características do modo de pensar médico na Sociedade de Amigos da História da Medicina.

Atualmente, trabalhos utilizando o referencial fleckiano (Delizoicov e cols., 2002; Da Ros, 2000) permitem compreender como aconteceu historicamente o desenvolvimento desse pensar epistemológico. A epistemologia fleckiana trabalha com um modelo interativo do processo de conhecimento, descartando a hipótese do observador neutro a coletar dados. Para Fleck (*apud* Schaffer e Schnelle, 1986), os fatos científicos

são condicionados e explicados sociohistoricamente:

Assim como cada indivíduo possui uma realidade própria, todo grupo social dispõe também de uma realidade social determinada e específica. Portanto, o conhecer, enquanto atividade social está unido aos condicionantes sociais dos indivíduos que o levam a cabo. (p. 21)

Fleck (*apud* Schaffer e Schnelle, 1986) compreende que a formação de cientistas ocorre por meio da apropriação de um determinado *estilo de pensamento*, que possibilita o “*sentir seletivo e a ação consequentemente dirigida*” (p. 145). Em linhas gerais, ao se apropriar de um determinado *estilo de pensamento*, o cientista em formação passa a fazer parte de um *coletivo de pensamento*, o qual representa a uni-

dade social de uma comunidade de cientistas. Lembrando que, para ele,

[...] só tendo em conta as condições sociais e culturais do conhecer pode fazer-se compreensível a aparição de outras muitas “realidades” junto à realidade estabelecida pelas ciências naturais. (p. 21)

A epistemologia fleckiana trabalha com um modelo interativo do processo de conhecimento, descartando a hipótese do observador neutro a coletar dados.

Neste trabalho, são utilizados aspectos da epistemologia fleckiana, como aqueles relativos ao surgimento de novos *coletivos de pensamento*, à *circulação intracoletiva* e *inter-*

coletiva das ideias e aos *círculos exotérico e esotérico* de conhecimento, para compreender como ocorreu a ampliação da Tabela Periódica por meio da descoberta de elementos transurânicos.

A busca por elementos transurânicos e o surgimento de um novo coletivo de pensamento

Esta seção contempla a história da Química como parte da história da ciência, buscando ressaltar como o conhecimento científico é construído.

As primeiras tentativas de pro-

dução de elementos além do urânio foram feitas por Fermi, Segrè e colaboradores em 1934. A princípio, em 19 de janeiro de 1934, Irene Curie e Frederic Joliot (*apud* Segrè, 1987) enviaram uma carta ao periódico *Nature* na qual relatavam a produção de radioatividade artificial:

Nossas mais recentes experiências mostram um fato espantoso. Quando uma lâmina de alumínio é irradiada sobre uma preparação de polônio, a emissão de pósitrons não para logo que a preparação é removida. (p. 201)

Esse feito permitiu um melhoramento das atividades experimentais por meio da utilização de nêutrons como projéteis. A divulgação de resultados de pesquisas promove o que Fleck chama de circulação *intracoletiva de ideias*, na qual os cientistas que compartilham do mesmo estilo de pensamento comunicam-se entre si. Esse tipo de divulgação promove também a chamada circulação *intercoletiva de ideias*, que acontece quando cientistas portadores de diferentes estilos de pensamento tomam conhecimento dos desenvolvimentos científicos de outras áreas.

A participação em vários coletivos de pensamento e o intercâmbio entre diversos estilos de pensamento pode promover mudanças teóricas e afrouxar a coerção de pensamento, contribuindo para a mudança de significados de termos e propiciando o surgimento de um novo estilo de pensamento. (Leite e cols., 2001, p. 99)

Dessa forma, por meio da circulação de ideias no fervoroso mundo científico do início do século XX, Fermi e colaboradores descobriram novas substâncias radioativas mediante o bombardeamento do núcleo de urânio com nêutrons (pela técnica de Curie e Joliot), identificando-as como elementos transurânicos. No entanto, investigações químicas foram levadas a cabo por Hahn, Meitner e Strassmann, mostrando que as interpretações dadas por Fermi não

estavam corretas, pois os elementos resultantes do bombardeamento dos núcleos de urânio eram produtos de fissão nuclear. Segundo Seaborg (1969):

A descoberta da fissão nuclear por O. Hahn e F. S. Strassmann, em dezembro de 1938, descoberta essa que abriu a "idade atômica" é, portanto, um subproduto da pesquisa para a procura e para a produção dos elementos transurânicos. Por outro lado e, curiosamente, a descoberta do primeiro elemento transurânico, neptúnio, foi um subproduto dos estudos levados a cabo por E. M. McMillan, em 1940, sobre o fenômeno da fissão. (p. 24)

É relevante notar que, na época, talvez impulsionados pelo fervor das pesquisas ao redor do núcleo atômico, tanto químicos quanto físicos trabalhavam com os mesmos materiais e seus procedimentos experimentais e resultados obtidos se complementavam e eram alimentados pela circulação intercoletiva de ideias. O "afrouxamento" nos estilos de pensamento da química e da física, no que dizia respeito aos elementos transurânicos e ao núcleo atômico respectivamente, permitiu a formação de um novo *coletivo de pensamento*. Nas palavras de Seaborg (1969):

É extremamente importante chamar a atenção para o fato de que, [...] mesmo quando todos os átomos são coletados em uma pequena superfície, é ainda impossível vê-los, pesá-los ou levar a cabo qualquer teste químico, como se faz com uma quantidade macroscópica, visível ou ponderável. Portanto, as propriedades químicas dos novos elementos têm de ser estudadas por técnicas especiais, as quais são

conhecidas pelo nome geral de química dos traçadores ou radioquímica. (p. 20-21)

Surgiu nesse período a necessidade de integrar métodos químicos e físicos para a produção e identificação de elementos transurânicos, instituindo um novo campo de conhecimento conhecido como *radioquímica*, que era sustentado por novos conhecimentos produzidos tanto no campo da química quanto no campo da física.

Apesar dos avanços proporcionados pela química dos traçadores, a teoria química relativa à Tabela Periódica ainda não explicava satisfatoriamente muitos fenômenos observados. A radioquímica permitiu a produção e identificação do elemento de número atômico 93 (netúnio), por E. M. McMillan e P. H. Abelson, e do elemento de número atômico 94 (plutônio), por G. Seaborg, E. M. McMillan, J. W. Kennedy e A. C. Wahl em 1940. No entanto, esses elementos recém-descobertos não se comportavam como era de se esperar – com propriedades semelhantes às do rênio e do ósmio,

eram colocados acima dos primeiros na tabela que vigorava na época.

Da mesma forma, ainda não era possível identificar os elementos de números atômicos 95 e 96. Essa inconsistência levou Glenn Seaborg, em 1944, a propor a hipótese de que os elementos de número atômico acima do actínio ($Z = 89$) formassem uma nova série semelhante aos lantanídeos.

Este novo conceito significava que os elementos 95 e 96 deveriam ter algumas propriedades em comum com as do actínio e algumas em comum com seus "irmãos" de terras raras, európio e gadolínio, principalmente no que diz respeito à dificuldade de oxidação acima do estado de valência

Ao se apropriar de um determinado estilo de pensamento, o cientista em formação passa a fazer parte de um coletivo de pensamento, o qual representa a unidade social de uma comunidade de cientistas.

III. Quando se planejaram os experimentos de acordo com esse novo conceito, os elementos 95 e 96 foram imediatamente descobertos. (Seaborg, 1969, p. 67)

A proposta de Seaborg para uma nova configuração da Tabela Periódica permitiu a identificação de numerosos elementos transurânicos, além de permitir a explicação das propriedades químicas tanto de elementos já identificados quanto os ainda não identificados.

A transmissão de conhecimento a partir dos círculos esotéricos

Para compreender o papel dado por Fleck à divulgação dos feitos científicos, é necessário conhecer um pouco mais da estrutura que esse autor propõe para a produção desses conhecimentos. Na concepção fleckiana, segundo Scheid e cols. (2005), entende-se o coletivo de pensamento como uma comunidade de indivíduos que compartilham práticas, concepções, tradições e normas, relacionando-se com seu objeto de conhecimento por meio dos estilos de pensamento. Para esses autores,

Os coletivos de pensamento estratificam-se em círculos: o exotérico e o esotérico. O primeiro é entendido como sendo constituído pelos indivíduos que, de uma forma ou de outra, consomem o conhecimento produzido pelo segundo. (p. 224)

A comunicação por cientistas dos resultados e das conclusões de suas pesquisas deve ser feita de uma forma compreensível à população de não iniciados, isto é, tende para o exotérico. No caso abordado no presente trabalho – tratando da síntese dos elementos transurânicos e da modificação da estrutura da Tabela Periódica dos elementos químicos –, a comunicação se fazia necessária principalmente por pressões sociais.

Em tempo de guerra, a população precisava saber das contribuições da ciência para com a sociedade e seus soldados. Revistas não especializadas, jornais e programas de rádio tentavam acompanhar de perto o que os cientistas estavam produzindo. É o caso da revista *New Yorker*, citada por Seaborg (1969):

*Ainda dentro do lado pitoresco de todos estes estudos extremamente absorventes, é interessante lembrar o comentário da revista *New Yorker* na seção denominada “O Comentário da Cidade”:*

Novos átomos vêm sendo produzidos de um modo espetacular, e com uma frequência talvez alarmante e a Universidade da Califórnia, em Berkeley, cujos cientistas descobriram os elementos 97 e 98, batizou-os de berkélio e califórnio, respectivamente. [...] Os ocupadíssimos cientistas da Califórnia sem dúvida nenhuma surgirão com mais um ou dois elementos em futuro não remoto [...]. Entretanto já perderam a oportunidade de se imortalizar nas Tabelas Atômicas com a seguinte sequência: univérsio – 97, ofio – 98, califórnio – 99, berkélio – 100. (“Universitium – 97, ofium – 98, californium – 99, berkelium – 100”, isto é, “University of Califórnia, Berkeley”).

Os descobridores enviaram ao *New Yorker* a seguinte resposta:

Os “Comentários da Cidade” não atingiram o alvo relativamente ao batismo dos elementos 97 e 98. Devemos chamar a atenção para o fato de que não tivemos falta de visão ao indicar esses elementos como “berkelium” e “californium”. Usando esses nomes, antes de

mais nada, previmos a terrível possibilidade de ocorrer o fato de que, indicando 97 e 98 por “universium” e “ofium” algum novayorquino poderia descobrir os elementos 99 e 100 e batizá-los com os nomes de “newium” e “yorkium”.

A resposta do *New Yorker* a essa última carta do grupo da Califórnia foi breve:

Estamos despendendo o máximo de nossos esforços em nossos escritórios e laboratórios para descobrir os elementos “newium” e “yorkium”. Até agora a única coisa que temos são somente os nomes. (p. 43-44)

Esse episódio bem humorado da divulgação está perpassado por sentimentos patrióticos, pressões sociais e da mídia em torno da ciência e temores relativos à “alarmante frequência” com que eram descobertos novos elementos. A escolha de nomes para novos elementos químicos tem suas regras próprias e as prioridades definidas no círculo esotérico correspondente, no entanto, não está isenta de pressões tanto desse círculo esotérico quanto de círculos exotéricos mais próximos – os leigos formados, por exemplo – ou mais distantes – a população em geral.

Quanto à participação dos indivíduos em círculos exotéricos e esotéricos, Delizoicov e cols. (2002) lembram que esta deve ser sempre relativizada:

O círculo exotérico não se relaciona diretamente com o fato científico, mas pela mediação indireta do círculo esotérico. Estabelece-se, dessa forma, sempre uma relação dos círculos esotéricos com seus círculos exotéricos correspondentes baseado na confiança nos primeiros, “iniciados”, e nas necessidades objetivas dos segundos, “leigos formados”. (p. 60)

A participação em círculos exotéricos e esotéricos só faz sentido se for

relativizada, isto é, se uma for considerada em relação à outra. Assim, por exemplo, os cientistas que trabalhavam na produção e identificação de elementos transurânicos pertenciam ao círculo esotérico dos radioquímicos. Professores de química, por sua vez, faziam parte de um círculo exotérico de “leigos formados”, mais próximo e mantendo mais relações e interações com o anterior do que, por exemplo, um advogado ou um comerciante.

Nesse sentido, dentre os episódios mencionados neste trabalho, um deles, que diz respeito à comunicação da descoberta dos elementos de número atômico 95 e 96, chamou a atenção para a circulação intercoletiva de ideias. Glenn Seaborg relata sua participação no programa de rádio Quizz Kids, por ocasião de uma comemoração do dia do armistício, em 15 de novembro de 1945. Nesse programa, jovens estudantes faziam perguntas ao convidado, nesse caso, relativas às aplicações dos novos elementos em situação de guerra ou não e também relacionadas aos novos elementos descobertos no Laboratório Metalúrgico da Universidade de Chicago² durante a guerra. Seaborg (1969) transcreveu vários trechos do programa, dentre os quais o que segue abaixo:

Richard: *Oh, outra coisa – têm sido descobertos outros elementos como o plutônio e o netúnio?*

Seaborg: *Oh, sim Dick. Recentemente dois novos elementos foram descobertos, elementos com números atômicos 95 e 96 no Laboratório Metalúrgico aqui em Chicago. Então agora vocês devem dizer a seus professores para mudar em seus livros escolares de 92 para 96 elementos.* (p. 288)

Seaborg comunicaria a detecção dos novos elementos no dia seguin-

te, 16 de novembro, num simpósio na Sociedade Americana de Química. A seu ver, essa antecipação de um dia num Quizz Show para jovens estudantes não traria grandes repercussões. O cientista ficou surpreso ao conhecer as consequências dessa ação:

Como resultado da radiodifusão, na qual eu disse à audiência que havia 96 elementos ao invés de 92, eu recebi numerosas cartas de estudantes falando que disse-

ram a seus professores o que eu lhes pedi, mas os professores não acreditaram neles. Eles me pediam para tirá-los do problema no qual eu os coloquei; eu fiz o melhor que pude escrevendo cartas de confirmação que eles podiam mostrar aos seus professores. (p. 289)

Houve uma inversão na sequência por meio da qual acontece normalmente a circulação intercoletiva de ideias: do círculo *esotérico* – com *s* – para os leigos formados do círculo *exotérico* – com *x* – e então destes para círculos *exotéricos* cada vez mais periféricos. Foi como se uma etapa dessa circulação tivesse sido “pulada”. Como consequência, os professores não acreditaram que a comunicação tivesse acontecido antes aos seus alunos do que a eles próprios.

Considerações finais

A ideia de ciência como um empreendimento realizado por gênios em um determinado campo vem sendo amplamente discutida e revisada. Sabemos hoje em dia que a ciência é bem mais complexa e diversificada do que essas imagens simplistas.

Perante essa complexidade, o presente texto pode contribuir para com a proposição de uma leitura mais crítica da ciência, uma vez que possibilita mudanças na visão de ciência dos leitores – em especial dos estudantes e professores –, geralmente centrada em dois posicionamentos epistemológicos:

- empirismo/indutivismo, segundo o qual as teorias nascem de observação e experimentos, num processo que vai do particular para o geral;
- positivismo lógico, segundo o qual a ciência é neutra e objetiva. Tais posicionamentos desconsideram os aspectos sociais da ciência. Diante desse quadro, a sociogênese do conhecimento de Ludwik Fleck articulada a episódios históricos apresenta ótimas possibilidades de auxiliar na compreensão desses aspectos, uma vez que enfatiza a dinâmica social contida no empreendimento científico.

No caso tratado, da extensão da Tabela Periódica no contexto da descoberta de elementos transurânicos, é possível perceber por meio de conceitos fleckianos – como *circulação intercoletiva* e *intra-coletiva* de ideias, por exemplo –, que o cientista não é um sujeito isolado, mas consulta seus pares e se comunica com a comunidade à qual pertence.

É importante esclarecer que este texto não tem a pretensão de abranger toda a extensão dessa rica história,

porém permite entrever alguns aspectos da dinâmica científica em um período de grandes feitos. A história da Tabela Periódica em si apresenta grandes possibilidades de explorar a dimensão epistemológica da ciência. Niaz e cols. (2004), por exemplo, utilizam a epistemologia lakatosiana para mostrar a importância do papel das predições de Mendeleev no desenvolvimento da Tabela Periódica.

No que diz respeito à Educação Científica, a literatura da área vem

A divulgação de resultados de pesquisas promove também a circulação intercoletiva de ideias, que acontece quando cientistas portadores de diferentes estilos de pensamento tomam conhecimento dos desenvolvimentos científicos de outras áreas.

A necessidade de integrar métodos químicos e físicos para a produção e identificação de elementos transurânicos instituiu um novo campo de conhecimento conhecido como radioquímica.

apontando sistematicamente para a necessidade de reflexões epistemológicas que suscitam questionamentos a esse respeito. Kosminsky e Giordan (2002) apresentam uma investigação a respeito das visões sobre ciências e cientistas entre estudantes do Ensino Médio, mostrando que estes veem o cientista como um sujeito isolado, fazendo uma ciência de caráter preponderantemente experimental e sem troca de ideias com os pares. Os autores defendem a incorporação de elementos da ciência contemporânea às aulas no Ensino Médio, de forma a gerar discussões a respeito do fazer ciência e ser cientista; Lôbo e Moradillo (2003) ressaltam que as concepções epistemológicas de professores e licenciandos influenciam na prática docente, logo precisam ser discutidas e inseridas na formação inicial e continuada de professores de Química; Oki (2004) apresenta alguns conceitos da epistemologia kuhniana à luz da história da química e aponta a articulação entre História

e Filosofia da Ciência e Ensino de Química como conhecimentos importantes para uma formação crítica a respeito da ciência em todos os níveis de ensino.

Textos que abordam episódios históricos a partir de algum referencial epistemológico podem e devem ser utilizados na licenciatura, a fim de que os futuros professores tenham a experiência da utilização de abordagens históricas e possam esclarecer e revisar suas visões acerca da ciência. Além disso, a publicação de trabalhos envolvendo episódios históricos pode constituir um acervo de pesquisa para professores e estudantes.

Notas

1. No Brasil, também se utiliza a palavra Galícia para designar a Galiza, comunidade autônoma situada a noroeste da Espanha, e cuja capital é a cidade de Santiago de Compostela. No caso do presente trabalho, o termo Galícia refere-se à região histórica situada no leste da Ucrânia, ao Sul da Polônia.

2. Metallurgical Laboratory ou Met Lab foi um nome em código adotado por Arthur Holly Compton – físico norte-americano, ganhador do Prêmio Nobel de física em 1927 pela descoberta do efeito Compton – para preservar em segredo as pesquisas sobre o elemento Urânio e reações em cadeia, levadas a cabo na Universidade de Chicago. Tais pesquisas foram realizadas entre 1940 e 1945 no âmbito do Projeto Manhattan. Em 1946, foi renomeado como Argonne National Laboratory e é atualmente considerado um dos maiores laboratórios de pesquisa científica do Departamento de Energia dos Estados Unidos da América (Holl e cols., 1997).

Cristhiane Cunha Flôr (cristhiane.flor@ufv.br), licenciada em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), mestre em Educação Científica e Tecnológica pelo Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT/UFSC), é doutoranda no PPGECT/UFSC e professora assistente no Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Referências

DA ROS, M.A. *Estilos de pensamento em Saúde Pública: um estudo da produção da FSP-USP e ENSP-FIOCRUZ entre 1948 e 1994, a partir da epistemologia de Ludwik Fleck*. 2000. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

DELIZOICOV, D.; CASTILHO, N.; CUTOL, L.R.A.; DA ROS, M.A. e LIMA, A.M.C. Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial fleckiano. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, p. 52-69, 2002.

HOLL, J.M.; HEWLETT, R.G. e HARRIS, R.R. *Argonne National Laboratory, 1946-96*. Chicago: University of Illinois Press, 1997.

KOSMINSKY, L. e GIORDAN, M. Visões de ciência e sobre cientista entre estudantes do ensino médio. *Química Nova na Escola*, n. 15, p. 11-18, 2002.

LEITE, R.C.; FERRARI, N. e DELIZOICOV, D. A história das leis de Mendel na perspectiva fleckiana. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 1,

n. 2, p. 97-108, 2001.

LÔBO, S.F. e MORADILLO, E.F. Epistemologia e a formação docente em química. *Química Nova na Escola*, n. 17, p. 39-41, 2003.

NIAZ, M.; RODRIGUEZ, M.A. e BRITO, A. An appraisal of Mendeleev's contribution to the development of the periodic table. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, v. 35, n. 2, p. 271-282, 2004.

OKI, M.C.M. Paradigmas, crises e revoluções: A História da Química na perspectiva kuhniana. *Química Nova na Escola*, n. 20, p. 32 – 37, 2004.

SCHAFFER, L. e SCHNELLE, T. *Los fundamentos de la vision sociológica de Ludwik Fleck de la teoria de la ciencia*. In: FLECK, L. La gènesis y el desarrollo de un hecho científico. Trad. L. Meana. Madrid: Alianza, 1986.

SCHEID, N.M.J.; FERRARI, N. e DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 2, p. 223-233, 2005.

SEABORG, G.T. Some recollections of early nuclear age chemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 45, n. 5, p. 278-303, may, 1968.

_____. *Os elementos transurânicos sintetizados pelo homem*. Trad. F.W. Lima. São Paulo: Edgard Blucher, 1969.

SEGRÉ, E. *Dos raios X aos quarks: físicos modernos e suas descobertas*. Trad. W.Y.H. Ferreira. Brasília: Ed. UnB, 1987.

Para saber mais

DA ROS, M. A. Fleck e a escola polonesa de filosofia da medicina. In: Encontro da Associação de Filosofia e História da Ciência do Conesul, 5, 2006. Florianópolis. *Caderno de Resumos...* Florianópolis: Associação de Filosofia e História da Ciência do Conesul, 2006.

FLECK, L. *La gènesis y el desarrollo de un hecho científico*. Trad. Luís Meana. Madrid: Alianza, 1986.

YARRIS, L. *Seaborg: an educating man*. Disponível em: <<http://www.lbl.gov/Science-Articles/Archive/seaborg-edu-legacy.html>>.

Abstract: *The history of the synthesis of transuranic elements and stretch of the periodic table in a fleckian perspective.* In this essay, some aspects of the epistemology of Ludwik Fleck are utilized in the reading of historical episodes involving the synthesis of transuranic elements and consequent alteration of the Periodic Table. Particularly, how the communication of the ideas and scientific productions occurred in this context is analyzed based in the fleckian concepts of *collectives of thought, intracollective circulation and intercollective circulation of ideas and esoteric and exoteric circles of the knowledge.*

Keywords: Ludwik Fleck's epistemology, transuranic elements.