



ARTIGOS - ARTICLES

Mitos na Organização dos Elementos Químicos:
uma análise das Controvérsias Científicas na História
da Tabela Periódica à luz do referencial Fleckiano

Rodrigo Da Vitória Gomes

Doutorando em Educação em Ciências e em
Matemática (PPGECM)
Universidade Federal do Paraná - UFPR
rodrigodavitoriagomes@gmail.com

Joanez Aires

Pós-doutora em Didática das Ciências
Universidade Federal do Paraná - UFPR
joanez.ufpr@gmail.com

Resumo: A história da Tabela Periódica não é exatamente como é vista em livros didáticos e materiais de divulgação científica, os quais trazem mitos sobre os modelos de organização dos elementos químicos que já existiram e controvérsias sobre os mesmos. Alguns episódios históricos na proposição de um possível sistema periódico são relatados de forma fantasiosa, com o intuito de provocar interesse pelo assunto, mas que terminam por mostrá-lo inacessível. Neste estudo, realizou-se uma pesquisa histórica documental analisada a luz do referencial Fleckiano com objetivo apresentar os mitos, apólogos e as controvérsias científicas encontrados na organização dos elementos químicos, desmistificando a forma como cada modelo realmente foi idealizado e mostrando que por trás de um mito geralmente há inúmeras controvérsias. A partir dos resultados, ficou evidente que, a história da tabela periódica vem sendo apresentada de forma deturpada ou de pura fantasia, ou ainda, sobre as quais não há um parecer definitivo nem mesmo entre os historiadores da ciência. A determinação de um modelo periódico definitivo, ainda que importante, é apenas um aspecto desse complexo de interações.

Palavras-chave: História da Química; Educação Científica; Ludwik Fleck.

*Myths in the Organization of Chemical Elements:
an Analysis of Scientific Controversies in the History
of the Periodic Table in the Light of Fleckian Reference*

Abstract: The history of the Periodic Table is not exactly as seen in textbooks and scientific dissemination materials, which bring myths about the models of organization of chemical elements that already existed and controversies about them. Some historical episodes in the proposal of a possible periodic system are repor-

ted in a fanciful way, with the aim of provoking interest in the subject, but which end up showing it inaccessible. In this study, a historical documental research was carried out, analyzed in the light of the Fleckian reference, with the objective of presenting the myths, apologists and scientific controversies found in the organization of chemical elements, demystifying the way in which each model was really idealized and showing that behind a myth there are usually numerous controversies. From the results, it became evident that the history of the periodic table has been presented in distorted ways or pure fantasy, or even, on which there is no definitive opinion even among historians of science. The determination of a definitive periodic model, although important, is only one aspect of this complex of interactions.

Keywords: History of Chemistry; Science Education; Ludwik Fleck.

Introdução

Muitas construções científicas necessitam de um tempo de organização, surgindo apenas quando o conhecimento está maduro o suficiente para seu entendimento (CHALMERS, 1993; MARTINS, 2005). Isso ocorreu com a Tabela Periódica (TP), foi preciso a identificação de um número considerável de elementos para que se pudessem propor relações entre eles, sendo possível ordená-los de modo racional e útil (GOMES, 2020). Uma vez feito esse ordenamento inicial foi possível fazer previsões e, a busca por novos elementos, culminou na construção da TP que hoje conhecemos.

Entretanto, a história da TP está repleta apólogos, sendo popularmente conhecidos como historietas que ilustram uma lição de sabedoria e cuja moralidade é expressa como conclusão (MOURA; CANALLE, 2001). Esses apólogos, quando devidamente relatados, constituem o melhor modo de divulgar a ciência de uma forma interessante e lúdica. Todavia, tais textos provocam a desvalorização do trabalho científico, pois compraram grandes ideias científicas como ‘descobertas’ do acaso.

Segundo Gomes (2020), a história da TP não é exatamente como é vista em livros didáticos e materiais de divulgação científica, os quais trazem mitos sobre os modelos de organização dos elementos químicos que já existiram e controvérsias sobre os mesmos. Outro ponto a destacar, é que muitas vezes nesses mitos aparecem a construção do referido sistema periódico de forma inquestionável.

Consequentemente, alguns episódios históricos que contribuíram para a organização dos elementos químicos são relatados da forma fantasiosa, com o intuito de provocar interesse pelo assunto, mas que terminam por mostrá-lo inacessível às pessoas comuns (GOMES, 2020; GOMES; MENDES, 2021), pois quase sempre as construções científicas por eles relatadas derivam de genialidades. Também podemos pontuar que alguns desses episódios históricos atribuem esse feito a um único idealizador, sendo ele Mendeleev, tido erroneamente como ‘pai da tabela periódica’.

Dessa forma, alguns destes apólogos encontrados sobre a tabela periódica, ao trazer que Dmitri Mendeleev em 1869 foi seu único idealizador, também enfatizam que o mesmo, ao estabelecer a Lei Periódica dos elementos e a sua organização, poderia ter recorrido à utilização de um raciocínio analógico relacionado com o de agrupar cartas em um baralho (STRATHERN, 2002; KAJI, 2002; NAGEM et al, 2003; BRYSON, 2003; PAIS, 2009; BERMEJO; NOYA; PEDRIDO, 2009). Também há relatos que Mendeleev tenha se inspirado no jogo de cartas chamado “paciência” (STRATHERN, 2002; NAGEM et al, 2003). A quem se refira ainda que Mendeleev teria chegado à solução para a ordenação periódica dos elementos durante um sonho (STRATHERN, 2002; BERMEJO; NOYA; PEDRIDO, 2009). Identifica-se também modelos que foram propostos por pesquisadores e não são conhecidos nos dias atuais, ou ainda, sobre os quais não há um parecer definitivo mesmo entre os historiadores da ciência.

Considerando que a ciência é uma construção coletiva, que ocorre por meio da interação entre os pesquisadores, o que desmistifica o estereótipo do ‘cientista gênio’, a epistemologia de Ludwik Fleck (1896-1961) não só é pioneira nessa compreensão, como permite também compreender como se deu historicamente o desenvolvimento de determinado conhecimento. A partir da concepção fleckiana, podemos assimilar um modelo interativo do processo de conhecimento, diferente da hipótese de uma visão individualista da ciência, visão esta que a história da Tabela Periódica vem perpetuando. Para Fleck (1986), os fatos científicos são condicionados e explicados sócio historicamente, como faremos neste trabalho.

Fleck compreende que a formação de cientistas bem como, a construção do conhecimento se dá por meio da apropriação de um determinado estilo de pensamento, o que oportuniza o “sentir seletivo e a ação consequentemente diri-

gida” (FLECK, 1986, p. 145). Com isso, 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, as quais podem contribuir para o desenvolvimento de um fato científico.

Nessa perspectiva, relatar alguns episódios históricos ligados à organização dos elementos químicos, à luz do referencial Fleckiano, pode permitir explorar toda a riqueza das comunicações entre cientistas de diversas áreas que contribuíram para o desenvolvimento e organização dos elementos químicos. Além de como a comunicação destes com a sociedade desencadeou na construção do que chamamos hoje de Tabela Periódica.

O presente estudo tem como objetivo apresentar os mitos, apólogos e as controvérsias científicas encontradas na organização dos elementos químicos, desmitificando a forma como cada modelo realmente foi idealizado, à luz do referencial Fleckiano, mostrando que por trás de um mito geralmente há inúmeras controvérsias científicas. Assim, buscaremos abordar o surgimento de novos estilos e coletivos de pensamento, as complicações e o papel da linguagem e da comunicação intercoletiva e intracoletiva das ideias no desenvolvimento do conhecimento científico relativo à tabela periódica dos elementos químicos.

Linhas de pensamento sobre Fleck na História da Tabela Periódica e a Educação Científica

A identificação dos elementos químicos, desencadeada pelo desenvolvimento da química como ciência moderna, viabilizou questões referentes ao trabalho com a linguagem científica. Para Fleck estas questões são de grande importância, pois a linguagem

é uma instituição que não só possibilita – mediante seu correto entendimento – uma comunicabilidade e com ela a reprodutibilidade dos conhecimentos científicos, como tem também – por seu “mal entendimento” (esvaziamento do significado) inerente a toda comunicação – uma função positiva no desenvolvimento da ciência (SCHAFFER; SCHNELLE, 1986, p. 34).

Para um maior entendimento sobre a influência da história na construção do conhecimento científico, a obra *A gênese e o desenvolvimento de um fato*

científico de Fleck discorre de aspectos relativos ao caráter histórico do saber.

Desse modo, o modelo biológico é tomado por Fleck como referência para desenvolver uma compreensão epistemológica singular da ciência (CONDÉ, 2012), bem como a sua história, trazendo uma nova compreensão sobre a problemática da relação entre sociedade e natureza, na qual o conhecimento incorpora simultaneamente aspectos naturais e sociais. Assim como a TP, que estamos propondo aqui:

[...] A elaboração da tabela periódica tal qual é conhecida hoje é um bom exemplo de como o homem, através da ciência, busca a sistematização da natureza. A tabela reflete, assim, de forma bastante intensa, o modo como o homem raciocina e como ele vê o Universo que o rodeia (TRASSI et al., 2001, p. 1335).

A partir da década de 1930, epistemólogos representantes da chamada ‘nova filosofia da ciência’ apresentaram críticas à concepção filosófica do positivismo, um exemplo foi Ludwik Fleck. Para Fleck a ciência é produto da atividade humana, do processo histórico da construção do conhecimento, da influência de diversos contextos na atividade científica. O epistemólogo também criticava o hegemônico modelo empírico-indutivo da ciência, o qual ainda hoje tem influência na Educação em Ciências.

O principal enfoque da epistemologia de Fleck está na possibilidade de perceber a construção do conhecimento científico, considerando o seu percurso histórico, e como um Fato Científico é iniciado e desenvolvido dentro de um contexto específico (CONDÉ, 2012: 2017).

Dessa maneira, Fleck era médico e microbiologista e desenvolveu diversos conceitos epistemológicos para explicar a origem e evolução do conceito de sífilis. Dentre estes conceitos são citados: ‘Fato Científico’, ‘Coletivo de Pensamento’, ‘Estilo de Pensamento’, ‘Harmonia das Ilusões’, ‘Emergência de um Fato Científico’ e ‘Protoideia’. Para melhor entendimento dos mesmos ao longo do trabalho, pontuamos a seguir as suas definições.

A respeito da compreensão do que o autor pontua como um Fato Científico, Fleck (2010) discorre que “[...] assim nasce o fato: primeiro um sinal de resistência no pensamento inicial caótico, depois uma certa coerção de pensamento e, finalmente, uma forma (Gestalt) a ser percebida de maneira imediata. Ele sempre

é um acontecimento que decorre das relações de um determinado estilo de pensamento” (FLECK, 2010, p. 144, 145).

Schäfer e Schnelle (2010, p. 16) explicam que o Coletivo de Pensamento se refere à unidade social da comunidade de cientistas de uma área de conhecimento e o Estilo de Pensamento é o pressuposto de ideias sobre as quais o Coletivo de Pensamento constrói seu edifício teórico. Na definição de Fleck (2010, p. 149), o Estilo de Pensamento corresponde a “uma percepção direcionada em conjunto com o processamento correspondente no plano mental e objetivo”. Fleck (2010) ainda acrescenta que “este estilo é marcado por características comuns dos problemas, que interessam a um coletivo de pensamento”.

Nesse contexto, “qualquer teoria abrangente passa por uma fase clássica, na qual se percebe fatos que se enquadram com exatidão, e uma fase de complicações, quando as exceções se manifestam” (FLECK, 2010, p. 71), chamado de Harmonia das Ilusões. No entanto, antes das complicações se apresentarem, o caráter coercitivo do Estilo de Pensamento mantém a Harmonia das Ilusões sobre um Fato Científico. Nas palavras de Fleck:

O caráter fechado dos sistemas, os efeitos recíprocos entre o conhecido, as coisas a serem conhecidas e os atores do conhecimento garantem a harmonia de ilusões, que não se resolvem, de maneira alguma, dentro dos limites de um determinado estilo de pensamento (FLECK, 2010, p. 81).

Logo, a concordância do Coletivo de Pensamento é mantida pela Harmonia das Ilusões, que resiste, mas não impede que ocorram as mudanças no Estilo de Pensamento com o passar do tempo. Em relação a esta característica do conhecimento científico, Condé (2018) argumenta que:

Ainda que um coletivo de pensamento tenha uma coesão interna garantida por uma “harmonia das ilusões” que faz com que seus membros vejam a mesma *Gestalt* mantendo assim o “sistema de opiniões”, existe uma abertura dentro de um estilo de pensamento que permitirá futuras mudanças gradativas desse estilo (CONDÉ, 2018, p. 175).

Fleck (2010, p. 67) explica estas mudanças graduais, por meio de uma analogia ao processo de evolução biológica, afirmando que o desenvolvimento do pensamento se dá de maneira dinâmica, “de modo que assistimos constantemente às mutações do estilo de pensamento”. Além disso, Fleck conseguiu compreender a relação entre ciência e sociedade porque uniu aspectos sociológicos, históricos e

epistemológicos. Com isso, compreendemos que todo conhecimento deriva das práticas sociais (CONDÉ, 2017). Portanto,

Quando se olha o lado formal do universo científico, sua estrutura social é óbvia: vemos um trabalho coletivo organizado com divisão de trabalho, colaboração, trabalhos preparativos, assistência técnica, troca de ideias, polêmicas, etc. Muitas publicações mostram o nome de vários autores que trabalham em conjunto. Além desses nomes, encontramos, nos trabalhos das ciências exatas, quase sempre o nome da instituição e seu diretor. Há uma hierarquia científica, grupos, adeptos e adversários, sociedades e congressos, periódicos, instituições de intercâmbio etc. O portador do saber é um coletivo bem organizado, que supera de longe a capacidade de um indivíduo (FLECK, 2010, p. 85).

Dessa forma, as ideias desenvolvidas por Fleck oferecem suporte teórico para a compreensão de contextos sociais e fatos científicos da biologia, da química e da física. Ou mesmo de fatos científicos resultado de investigações que envolvem estas três áreas do conhecimento, que estão conectadas historicamente umas às outras, em comunicação entre si, a partir da mediação das protoideias.

Para tanto, uma protoideia permite o entendimento da Ciência, da Pesquisa e da Educação como fatos socialmente construídos. Esse conceito elaborado por Ludwik Fleck, pode ser interpretado como um saber compartilhado *a priori*, com um status paradigmático relativamente alto compartilhado entre cientistas e grupos de pesquisa, capaz de evoluir, se modificar e ressignificar. Como exemplo, o conhecimento nunca começa do zero, pois há sempre um local de ideias compartilhadas, um trabalho anterior, uma referência. Dessa forma, não existe ciência sem pessoas.

Historicamente, aprendemos e percebemos que é possível e necessário, buscar soluções, metodologias, normas e resultados para as necessidades sociais juntamente com as demandas científicas. Assim, refletir sobre a atividade científica exige aprendizado, um movimento para alcançar uma compreensão mais elaborada sobre a ciência e seus aspectos sociais, ou seja, evidenciar visões de ciência fleckianas.

Essa perspectiva possibilita, por exemplo, o reconhecimento de que os objetos científicos produzidos pelos químicos – sejam eles substâncias inexistentes na natureza ou novas técnicas analíticas e instrumentais - acabam por impactar o modo como vivemos e como organizamos nossas relações sociais. Isto nos permi-

te compreender que o conhecimento químico é fortemente dependente do contexto a partir do qual emerge, seja em relação aos materiais sobre os quais o químico opera, seja em relação aos fatores econômicos, políticas e sociais daquele contexto (MOCELLIN, 2015).

A partir do exposto, para a compreensão das concepções de Ludwik Fleck relacionadas ao desenvolvimento TP, é imprescindível lembrar que a mesma está associada diretamente na tentativa de organização dos elementos químicos. Com isso, um pré-requisito necessário para construção da TP, foi a identificação individual dos elementos químicos. Embora os elementos, tais como ouro (Au), prata (Ag), estanho (Sn), cobre (Cu), chumbo (Pb) e mercúrio (Hg) fossem conhecidos desde a antiguidade, a primeira identificação oficialmente aceita pela comunidade científica de um elemento ocorreu em 1669, quando o alquimista Henning Brand (1630-1710) identificou o fósforo ao aquecer em alta temperatura a própria urina.

Durante os 200 anos seguintes, um grande volume de conhecimento relativo às propriedades dos elementos e seus compostos, foram adquiridos pelos químicos. Com o aumento do número de elementos conhecidos, os cientistas iniciaram a investigação de modelos para reconhecer as propriedades e desenvolver esquemas de classificação.

O primeiro cientista que ganhou destaque neste feito foi Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794) no ano de 1789, propondo uma organização sistemática dos elementos químicos identificados até o momento. Todavia, o termo 'Elemento Químico' não era oficialmente utilizado pela comunidade científica para definição dos mesmos. Lavoisier (1789) designava-os como 'princípio', 'elemento', 'substância simples' e 'corpo simples'. Em seu livro *Traité Élémentaire de Chimie*, Lavoisier mostra sua organização de cerca dos poucos 30 elementos já conhecidos em quatro categorias distintas, sendo elas: substâncias simples, substâncias simples metálicas, substâncias simples não metálicas, substâncias simples terrosas, por não conseguir dividi-los em substâncias mais simples.

Chang (1994) destaca que aproximadamente mais da metade dos elementos conhecidos hoje foram identificados por volta do século XIX, no qual já se constatava que certos elementos possuíam semelhanças. Surgiu neste período a necessidade de integrar métodos para a organização dos elementos que existiam até então, instituindo um novo campo de conhecimentos conhecido como Tabela Periódica, que era sustentado por novos conhecimentos produzidos tanto no

campo da química quanto no campo da física. Essas semelhanças identificadas na época, bem como as regularidades nas propriedades físicas e químicas destes elementos e entre outras múltiplas informações associadas a cada elemento químico, desencadearam diferentes coletivos de pensamento.

Entretanto, Chang (1994) também ressalta que pouco se sabia sobre a estrutura dos átomos e não se conheciam as partículas subatômicas, logo a única informação disponível na época era o peso atômico dos elementos. Assim, essa propriedade foi fundamental para o início da construção do respectivo sistema periódico em um estilo de pensamento, como discutiremos na presente pesquisa.

Caminho Metodológico

A metodologia abordada nesta pesquisa apresenta natureza qualitativa, dentro de uma perspectiva bibliográfica exploratória, que busca corroborar hipóteses e proporcionar familiaridade com o campo de estudo. A mesma institui a primeira etapa de um estudo mais amplo e é utilizada em pesquisas cujo tema foi pouco explorado, podendo ser desenvolvida com estudos iniciais para se obter uma visão geral acerca de determinados fatos (GIL, 2002).

Os dados foram analisados com base na perspectiva do Método da Análise Documental, especificamente Histórico Documental, que se constitui na extração de elementos informativos de um documento original a fim de expressar seu conteúdo de forma abreviada, resultando na conversão de um documento primário em documento secundário (LUDKE; ANDRÉ, 1986).

Desta forma, os episódios históricos da tabela periódica aqui relatados são de fontes primárias, extraídos de textos e relatos do próprio idealizador, ou de fontes secundárias, de pesquisadores que analisaram documentos dos cientistas e relataram suas considerações.

Os episódios foram analisados tendo por base principalmente o caráter social da ciência, por isso utilizamos a Epistemologia de Ludwik Fleck (1986) como eixo norteador, levando-se em consideração que a Química é única Ciência que produz seu próprio objeto de estudo. Assim, os elementos químicos unem-se, realizando ligações químicas e formando as mais variadas substâncias, e compreender as interfaces da formação dessas substâncias é complexo, pois se interligam diretamente com a história.

A Construção Histórica da Tabela Periódica a luz do referencial Fleckiano

As Tríades de Johann Döbereiner

O alemão Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849) no ano de 1817, tentou estabelecer uma relação matemática entre os elementos químicos e baseou-se na determinação dos pesos atômicos realizada por Berzelius. Assim, Döbereiner verificou que em um conjunto de três elementos químicos, constituído por exemplo pelo cálcio, estrôncio e bário, o peso atômico do estrôncio era aproximadamente igual à média dos pesos atômicos do cálcio e do bário (CHANG, 1994; BRITO; RODRÍGUEZ; NÍAZ, 2005).

Este cientista também identificou que existiam semelhanças químicas entre os três elementos. Quase quinze anos depois, em 1829, Döbereiner constatou ainda que estes tipos de semelhanças também ocorriam com outros grupos de três elementos, a qual ela denominou de tríades, e as organizou por ordem crescente do peso atômico de cada elemento, tais como: o lítio, o sódio e o potássio; o cloro, o bromo e o iodo; o enxofre, o selênio e o telúrio; o ferro, o cobalto e o manganésio.

Para Brito, Rodríguez e Níaz (2005), o principal problema das tríades de Döbereiner e que levou à não aceitação pela comunidade científica da época, era devido ao fato dos pesos atômicos não estarem corretamente determinados até o momento, havendo ainda muita divergência na determinação dos mesmos. Ressalta-se ainda que a teoria atômica de Dalton era muito recente e não tinha sido concluída pelo respectivo pesquisador (SPRONSEN, 1959).

Para Fleck (2010), na fase de definição de um estilo de pensamento pode ocorrer complicações, durante as quais o coletivo de pensamento do respectivo estilo de pensamento, deve buscar desenvolver as exceções não contempladas em suas explicações. Dessa forma, há um intenso esforço no sentido de manter a validade do estilo. Nesse movimento de busca por uma organização dos elementos químicos, várias foram as complicações no âmbito da construção de um sistema periódico que fosse válido.

Embora Döbereiner considerava que o conceito de tríade era adequado, nem sempre funcionava perfeitamente, não por ser uma ideia errônea, mas porque as informações sobre os elementos disponíveis não eram suficientemente rigoro-

sas, logo não se aplicava para todos os elementos químicos identificados até o momento (SCERRI, 2007). Todavia, as tríades representaram um primeiro passo importante para a construção de um sistema periódico, que futuramente resultaria na Tabela Periódica.

O Congresso de Karlsruhe e a definição sobre o Peso Atômicos dos Elementos Químicos

O Congresso de Karlsruhe foi o primeiro grande encontro da comunidade química. Esse evento deu visibilidade à Química, que buscava a definição de regras para o seu adequado funcionamento. O evento teve uma duração de três dias e aconteceu no mês de setembro de 1860, na cidade de Karlsruhe, Alemanha. Segundo Oki (2007), foram convidados para esse encontro 140 importantes químicos dos diferentes continentes, tendo o evento envolvido representantes de doze países. Com isso, o principal objetivo dos congressistas era encontrar uma posição consensual em relação à linguagem e às representações utilizadas pelos químicos (PAIS, 2009).

Nye (1984) descreve que na circular enviada aos participantes, estavam delineados os principais objetivos do evento, sendo eles: “[...] Definição de noções químicas importantes, como as que são exprimidas pelas palavras: átomo, molécula, equivalente, atômico, básico; Exame da questão dos equivalentes e das fórmulas químicas; Estabelecimento de uma notação e de uma nomenclatura uniforme” (NYE, 1984, p. 633). Este evento permitiu um melhoramento das atividades química, através da utilização de uma linguagem que fosse comum para todos.

A participação do químico italiano Stanislao Cannizzarro (1826-1910) foi decisiva para a superação de antigas dúvidas que estavam relacionadas aos objetivos propostos pelo congresso. Ao final do evento, Cannizzarro distribuiu para os participantes um artigo de sua autoria: *Sunto di un Corso di Filosofia Chimica* (OKI, 2007). Esse artigo trazia esclarecimentos sobre a diferença entre os conceitos de átomo e molécula, retomando ideias de Avogadro necessárias para que essa distinção acontecesse. Duas outras questões contempladas foram a defesa da importância do peso atômico como propriedade fundamental para os cálculos estequiométricos e o uso do sistema de pesos atômicos de Charles Frederic Gerhardt.

Podemos considerar que a realização do Congresso de Karlsruhe promoveu, segundo Fleck (2010), a circulação intracoletiva de ideias, por meio do compartilhamento do mesmo estilo de pensamento sobre átomo, molécula, equivalente, entre outros. Esse tipo de divulgação promove também o que Fleck chama de circulação intercoletiva de ideias, que ocorre entre pesquisadores com diferentes estilos de pensamento, quando conhecem as produções científicas de outras áreas.

Para Leite, Ferrari e Delizoicov (2001), a participação em vários coletivos de pensamento e o intercâmbio entre diversos estilos de pensamento pode promover mudanças teóricas e afrouxar a limitação entre ideias científicas diferentes. Foi o que aconteceu neste evento influenciando a forma como os próximos modelos de organização periódica seriam propostos, contribuindo para a mudança de significados de termos e propiciando o surgimento de um novo estilo de pensamento.

Caracol de Chancourtois ou parafuso telúrico?

Em 1862, um cientista chamado Alexandre-Emile Béguyer (1820-1886) de Chancourtois, propôs uma outra forma de sistematização dos elementos até então identificados. Chancourtois os dispôs por ordem crescente dos seus pesos atômicos em uma linha na forma de espiral sob uma superfície cilíndrica, no qual ele designava como “números” crescentes (SCERRI, 2007). Estes números eram escritos ao longo de uma linha vertical que estava na origem de um cilindro. Tavares (2012) explica que:

A base circular do cilindro estava dividida em 16 partes iguais. A espiral era traçada com um ângulo de 45° relativamente ao eixo vertical de forma a que a linha da hélice dividia cada uma das suas espiras em 16 partes iguais, em que o décimo sétimo ponto ficava diretamente por cima do primeiro, o décimo oitavo por cima do segundo, e assim sucessivamente. Como resultado desta representação, os elementos cujos números característicos diferem em 16 unidades ficam alinhados em colunas verticais (TAVARES, 2012, p. 23)

Esta organização dos elementos químicos ficou conhecida por caracol de Chancourtois ou parafuso telúrico (STRATHERN, 2002). Outro ponto a destacar é que ao observar a organização proposta Chancourtois surgia uma das tríades de

Döbereiner, mostrando como os dois modelos de organização dos elementos químicos se completavam. Fleck (2010), pensa todo esse processo a partir do seu referencial epistemológico, mostrando que fatores históricos e sociais estão na base de todo e qualquer fato científico colocando a ciência em termos de uma atividade coletiva. Entretanto, Chancourtois foi o primeiro a reconhecer que as propriedades dos elementos eram uma função do seu peso atômico, demonstrando indícios de uma possível periodicidade (BRITO; RODRÍGUEZ; NÍAZ, 2005; SCERRI, 2007).

A partir destes episódios podemos inferir, por meio das ideias de Fleck (2010), que um fato científico não é propriamente algo que ocorre ao acaso, mas algo que, para além de uma descrição do empírico, se estabelece, se desenvolve e evolui através de um complexo processo de interações sociais ao longo de muito tempo. Processo esse que é semelhante a construção da TP.

Scerri (2007) relata que um artigo publicado para a divulgação do modelo proposto por Chancourtois não apresentava o diagrama representativo que era mais do que necessário para compreendê-lo, devido a dificuldades do editor em formatá-lo. Desta forma, apesar deste sistema mostrar a existência de uma periodicidade, revelou-se pouco viável, o que impediu a sua aceitação pela comunidade científica da época.

A Lei das Oitavas de John Newlands

O químico inglês John Alexander Reina Newlands (1837-1898), em 1864, estabeleceu uma organização que ficou conhecida como Lei das Oitavas (CHANG, 1994). O químico organizou os elementos em um quadro com sete colunas, por ordem crescente de seu peso atômico, levando em consideração também às semelhanças de propriedades químicas (STRATHERN, 2002). Entretanto, não utilizou os pesos atômicos definidos por Cannizzaro.

Na Lei das Oitavas de Newlands estavam dispostos onze grupos de elementos com propriedades semelhantes, de forma que os pesos atômicos divergiam de oito ou de um múltiplo de oito (SCERRI, 2007). Neste modelo proposto, os elementos foram organizados em sequência com oito deles, no qual quaisquer elementos haviam propriedades semelhantes às do oitavo elemento daquela fileira, assim, o oitavo elemento, a partir de um primeiro qualquer, seria uma espécie de

repetição por suas semelhanças, o que lembrava a escala musical. Desta forma, este modelo foi popularmente conhecido por analogia às oitavas da escala musical. Entretanto, o pesquisado verificou que esta lei periódica que propunha não era válida para alguns dos elementos químicos identificados até a época, e o seu trabalho não foi aceito pela comunidade científica (CHANG, 1994).

Podemos observar que tanto no modelo de Chancourtois como no de Newlands, já existia uma noção de periodicidade dos elementos químicos. Dessa forma, é importante ressaltar que na época, talvez impulsionados pelo entusiasmo das pesquisas buscando a organização dos elementos químicos, pesquisadores trabalhavam com os mesmos materiais e seus procedimentos, logo os resultados obtidos se complementavam e eram alimentados pela circulação intercoletiva de ideias. O ‘afrouxamento’ nos estilos de pensamento da química, no que dizia respeito aos elementos químicos, permitiu a formação de um novo coletivo de pensamento. Assim, é justamente neste ponto que Scerri (2007) se apoia para expor suas ideias quando discorre que a concepção apresentada por Newlands de que existia uma repetição regular de propriedades dos elementos após um certo intervalo ou conjunto de elementos, é a essência da Lei Periódica. Entretanto, Chancourtois foi o primeiro cientista a mostrar que as propriedades dos elementos eram uma função periódica dos seus pesos atômicos.

William Odling e Gustavus Hinrichs e os Modelos de Tabela Periódica perdidos no tempo

Destacamos aqui, dois modelos propostos para a organização periódica dos elementos químicos menos conhecidos, um por William Odling (1829-1921) em 1864 e o outro por Gustavus Detlef Hinrichs (1836-1923) em 1867. Fazendo uma busca simples em plataformas de dados, periódicos ou sites de divulgação científica, é notório a pouca informação encontrada sobre esses modelos, entretanto não é possível identificar por que os mesmos foram pouco difundidos, comparados aos demais.

Uma característica presente na obra de Fleck é o reconhecimento da importância da História para a construção do conhecimento. Para Fleck (2010), não se define um conceito sem uma abordagem histórica. Ou seja, é fundamental considerar o passado e o contexto histórico, detectando o impacto de fatores externos

na construção da ciência os quais nos fazem refletir sobre os motivos da não difusão destes modelos pela comunidade científica da época. De acordo com a epistemologia fleckiana, estes motivos estariam relacionados às diferenças entre estilos de pensamento – estava se formando um novo coletivo de pensamento que, por sua vez, desenvolveu um novo estilo de pensamento para a organização dos elementos químicos, do qual William Odling e Gustavus Hinrichs não compartilhavam.

Segundo Scerri (2011), William Odling publicou uma versão da tabela periódica na qual os elementos estavam organizados por ordem crescente dos seus pesos atômicos, bem como os que apresentavam similaridades de propriedades, apareciam em colunas verticais. Este modelo de organização periódica dos elementos antecedeu o modelo de Newlands e tinha semelhanças com a primeira tabela periódica que seria proposta por Mendeleev, evidenciando também ‘espaços vazios’, como discutiremos mais à frente.

É importante ressaltar que Odling e Newlands trabalharam de forma independente e chegaram ambos, no mesmo ano, ao conceito de periodicidade, no qual o modelo de Newlands apresentou 24 dos 60 elementos conhecidos, e o de Odling conseguiu organizar 57 dos 60 elementos (SCERRI, 2007). Entretanto, para Scerri (2011), não é clara a razão pela qual o modelo proposto Odling não ganhou a aceitação da comunidade científica, uma vez que Odling tinha boas referências no meio acadêmico, ao contrário de Newlands que havia sido ridicularizado pela analogia apresentada a escala musical.

Outro pesquisador que também não obteve destaque foi Gustavus Hinrichs que apresentou uma proposta de organização dos elementos, “num arranjo radial em que relacionou a existência de regularidades numéricas nas órbitas planetárias com as regularidades numéricas existentes entre as riscas espectrais dos átomos de um elemento químico” (TAVARES, 2012, p. 24). Embora o modelo proposto por Hinrichs fosse mais ‘moderno’, também não teve aceitação. De acordo Scerri (2007), talvez seja porque se baseou em argumentos astronômicos, sendo visto com um modelo peculiar. Sobre este fato, Lowy (1994, p. 9) pontua que “Fleck enfatiza as origens sociais do conceito de doença e sua divergência sincrônica (em culturas diferentes) e diacrônica (em períodos históricos diferentes)”. Portanto, a compreensão de um conceito é, de certa forma, resposta de um conjunto de crenças e costumes de uma determinada época.

Cartas, baralho ou sonho? As previsões de Dmitri Ivanovic Mendeleev

Em 1869, o químico russo Dmitri Ivanovic Mendeleev (1834-1907), buscou estabelecer um padrão que permitisse organizar todas as informações acerca dos elementos, identificando que existia uma repetição regular e periódica das suas propriedades. Todavia, a noção de periodicidade já estava presente nos modelos de Chancourtois e de Newlands.

Dmitri Mendeleev ao estabelecer a Lei Periódica dos elementos e a sua organização na TP, embora apoiado nos seus sólidos conhecimentos químicos, poderia ter recorrido à utilização de um raciocínio analógico relacionado com o agrupar as cartas de um baralho segundo famílias ou naipes. Assim, utilizou cartões, um por cada elemento, onde escreveu o símbolo químico, os pesos atômicos e outras propriedades conhecidas, pendurando esses cartões em uma parede (STRATHERN, 2002; KAJI, 2002; NAGEM et al, 2003; BRYSON, 2003; PAIS, 2009; BERMEJO; NOYA; PEDRIDO, 2009). A partir deste raciocínio, Mendeleev inferiu que as propriedades dos elementos eram funções periódicas dos seus pesos atômicos, que se repetiam sistematicamente a cada sete elementos (STRATHERN, 2002; NAGEM et al, 2003).

Strathern (2002) aponta que Mendeleev tenha se inspirado em um jogo de cartas chamado “paciência”, que hoje é facilmente encontrado em qualquer computador, e que tenha usado o jogo do baralho de cartas como de forma análoga anotando os dados sobre os elementos em cartões separados:

Deve ter sido nesse ponto que Mendeleev teve a sua ideia luminosa – fazendo a inspirada conexão entre o problema dos elementos e o seu jogo de cartas predileto, a paciência. Começou a escrever os nomes dos elementos numa série de fichas em branco, acrescentando os seus pesos e propriedades químicas. [...] O que Mendeleev notara fora a similaridade entre os elementos e o jogo de paciência. Na paciência, as cartas tinham de ser alinhadas de acordo com o naipe e uma ordem numérica descendente [...] O que estava procurando no meio dos elementos parecia algo muito semelhante: um padrão que apresentasse os elementos de acordo com grupos de propriedades similares (como os naipes), com os elementos de cada grupo alinhados segundo a sequência dos seus pesos atômicos [...] (STRATHERN, 2002, p. 243).

Também há indícios que Mendeleev teria chegado à solução para a ordenação periódica dos elementos durante um sonho: “Vi num sonho uma tabela em que todos os elementos se encaixavam como requerido. Ao despertar, escrevi-a imediatamente na folha de papel”. (STRATHERN, 2002, p. 179). Segundo Strathern (2002), foi descrito nas próprias palavras de Mendeleev. O autor ainda pontua: “Em seu sonho, Mendeleev compreendera que, quando os elementos eram listados na ordem de seus pesos atômicos, suas propriedades se repetiam numa série de intervalos periódicos. Por essa razão, chamou sua descoberta de Tabela Periódica dos Elementos” (STRATHERN, 2002, p. 179).

Entretanto, Scerri (2007) considera que muitos foram os mitos que se desenvolveram em torno da tabela periódica de Mendeleev, e que o mais comum se relaciona com a ideia de que o sistema periódico foi concebido durante um sonho ou mesmo enquanto Mendeleev jogava o seu jogo de cartas de baralho. O autor ainda enfatiza que para alguns filósofos e historiadores das ciências, não existem registros do plausível sonho de Mendeleev, apesar de este ser muito citado na literatura.

Dessa forma, a premissa de que Mendeleev teria chegado à organização de seu modelo de tabela durante um jogo de cartas, é atualmente vista por muitos investigadores da História da Ciência como não sendo autêntica, tendo em vista as inúmeras posições controversas sobre estes acontecimentos, bem como a inexistência de provas concretas sobre o papel desempenhado pelo baralho de cartas e do possível sonho de Mendeleev (SCERRI, 2011).

Há indícios que esses mitos surgiram segundo analogias populares do sistema periódico de Mendeleev, tais como por exemplo, a ideia de ‘sonho’ atrelada a ideia de ‘descoberta’ e a concepção de ‘cartas de baralho’ ou ‘jogo de paciência’, à concepção de fácil organização por naipes. Todavia, Scerri e Worrall (2001) pontuam que a criatividade e o recurso a analogias representaram na História da Ciência, assim como na evolução histórica da tabela periódica um papel importante. Para Baía e Porto (2009), no caso da tabela periódica, as analogias surgiram como forma de tornar o conhecimento científico mais inteligível, facilitando a compreensão e visualização de conceitos abstratos.

No entanto, o que não é controverso na literatura, é que o trabalho desenvolvido por Mendeleev, em torno da classificação periódica dos elementos químicos, foi muito influenciado por sua participação no Congresso de Karlsruhe. As

ideias discutidas no evento tiveram um grande impacto nas pesquisas que viriam a ser desenvolvidas por Meyer na Alemanha e por Mendeleev na Rússia. Cid (2009), destaca que após o Congresso de Karlsruhe Mendeleev volta para San Petersburgo, em 1861, e se dedica ao desenvolvimento de sua classificação periódica dos elementos químicos.

Desta forma, Mendeleev recalculou os pesos atômicos com base nos que foram propostos no congresso de Karlsruhe, resultando em seu livro *The Principles of Chemistry*, no qual publicou a primeira Tabela Periódica dos elementos, em 1869. A primeira versão do modelo proposto por Mendeleev trazia o peso atômico como propriedade que melhor permitia organizar 63 elementos com comportamento químico semelhante (CID, 2009), informação que até então já era comumente disseminada nos modelos propostos anteriormente.

Mendeleev era professor de Química Geral na Universidade de San Petersburgo quando apresentou seu modelo de tabela periódica à Sociedade Química Russa, fato que também pode ser considerado pela rápida aceitação do seu modelo proposto pela comunidade científica da época. Atualmente tem-se erroneamente o ano de 1869 como nascimento da tabela periódica, desconsiderando os modelos existentes anteriormente e sem considerar que Mendeleev se baseou nas pesquisas anteriores para proposição do seu modelo.

As primeiras versões de Tabela Periódica publicadas por Mendeleev foram sendo adaptadas pelo pesquisador sucessivamente, produzindo assim outros possíveis modelos de organização dos elementos químicos. Sobre este fato, Fleck (2010) pontua que ainda que os fenômenos históricos e sociais sejam autônomos, suas dinâmicas se assemelham à dinâmica dos fenômenos naturais, na ciência não é diferente. Ideias científicas nascem, se desenvolvem e morrem ao se tornarem obsoletas ou descontextualizadas, como os modelos propostos de TP:

Pode-se constatar lógicas históricas próprias no destino das ideias, isto é, fenômenos gerais peculiares da história do conhecimento que se impõem ao observador da evolução das ideias. Muitas teorias, por exemplo, passam por duas épocas: primeiro por uma clássica, na qual tudo mostra uma consistência notável, e depois por uma segunda, na qual surgem exceções. (FLECK, [1986] 2010, p. 49)

Chang (1994) relata que em suas primeiras versões haviam algumas inconsistências, que foram sendo resolvidas nas versões posteriores, como por exem-

plo, o elemento Argônio aparecia na posição ocupada pelo hoje elemento Potássio. Entretanto a característica fundamental destas versões propostas pelo pesquisador estava era a disposição dos elementos por ordem crescente de peso atômico, assim como no primeiro modelo proposto em 1869.

Nesse contexto, o que tornou o sistema periódico de Mendeleev mais completo do que qualquer modelo já proposto anteriormente, foi sua criatividade em prever propriedades de novos elementos que ainda seriam identificados. O pesquisador previu que poderiam ser acrescentados outros elementos e deixou espaços em branco com pontos de interrogação que indicavam os elementos químicos não existentes (BERMEJO; NOYA; PEDRIDO 2009; PAIS, 2009; BARRAL, 2009).

No entanto, Mendeleev não foi o primeiro pesquisador a prever a existência de elementos químicos ainda não conhecidos. Newlands, em 1864, também teve essa criatividade conseguindo prever o elemento químico germânio, já identificado por Winkler em 1886. Newlands tentou estabelecer outras tríades além das que haviam sido propostas por ele, mas o seu método era inviável para os elementos por ele previsto (BERMEJO; NOYA; PEDRIDO, 2009). Para Fleck (2010), as teorias evoluem e se transformam. Conseqüentemente, fatos descritos por essas teorias também são vistos de outro modo e, assim, os próprios fatos se transformam. Portanto, aquilo que era definido pelo pensamento positivista como um fato fixo, objetivo e absoluto, na realidade, na epistemologia de Fleck, a construção do conhecimento passa por um longo processo de evolução social, histórica e linguística.

Segundo Chang (1994), o modelo proposto por Mendeleev representava um grande avanço relativamente ao de Newlands, que até então era o último modelo proposto mais disseminado. Newlands, agrupou os elementos de forma mais exata, de acordo com as suas propriedades; enquanto Mendeleev, foi preciso quando prevendo a existência, com base na periodicidade e nas propriedades químicas, de muitos elementos que ainda não tinham sido identificados. Embora o modelo proposto Mendeleev ser tecnicamente mais completo, as concepções que hoje são exclusivamente atribuídas a ele já haviam sido elaboradas nos modelos propostos anteriormente por Döbereiner, Chancourtois, Newlands e Meyer (SCERRI, 2007; CID, 2009). Todos os modelos desenvolvidos até então, todavia menos elaborados, foram baseados nas propriedades periódicas dos elementos

químicos atrelado a seus pesos atômicos, característica determinante para as organizações propostas baseados em um único coletivo de pensamento.

Em um artigo publicado em 1871 Mendeleev relava sobre suas previsões para os elementos “[...] eka-alumínio (gálio), o eka-silício (germânio) e do eka-boro (escândio). Estes elementos foram descobertos em 1875 (gálio), 1876 (germânio) e 1879 (escândio), confirmando-se as previsões” (TAVARES, 2012, p. 26). Barral (2009) coloca que a grande semelhança entre as propriedades que Mendeleev previu para o eka-alumínio e as encontradas no gálio é de tal maneira extraordinária que de imediato se aceitou a veracidade do que seria uma lei periódica. Podemos ainda destacar que Mendeleev trocou de lugar alguns pares de elementos já conhecidos, por exemplo, o telúrio e iodo, com base na comparação das propriedades dos compostos formados por eles, e afirmando que com um aparelho mais preciso de aferição se verificaria que o iodo tem maior peso atômico que o telúrio. A sua capacidade de previsão, a sua clarividência científica, a potencialidade do seu método preditivo permanece incompreensível mesmo para o conhecimento atual (CID, 2009; PAIS, 2009; BERMEJO; NOYA; PEDRIDO, 2009; BARRAL, 2009).

Atualmente tem se disposto na literatura mais de 700 formatos diferentes de Tabela periódica. Entretanto, a classificação proposta por Mendeleev foi tão perfeita que os novos conhecimentos não a alteraram no essencial (CID, 2009). Assim, podemos dizer que a Tabela Periódica não é uma teoria nem um modelo, mas é utilizada como um “princípio organizador” (SCERRI, 2007). Na construção da TP observa-se a relação das ideias oriundas dos estudos da radioatividade, da eletricidade, das propriedades das substâncias, físicos e químicos, teóricos, experimentais, etc., que compartilham significados em busca da explicação da natureza. Tendo por base a epistemologia fleckiana, podemos considerar que o estudo da evolução da tabela periódica pode levar a uma rede complexa de raciocínio sobre como novos modelos já propostos foram construídos, propondo caminhos para a construção futura de outros modelos. Por isso, as previsões da existência de novos elementos químicos estão diretamente relacionadas ao que chamamos de Lei Periódica (SCERRI; WORRALL, 2001), expressa nas palavras de Mendeleev (1891):

[...] se todos os elementos forem organizados por ordem dos seus pesos atômicos, observaremos uma repetição periódica das propriedades dos elementos. Isto é expresso pela lei periódica: as propriedades dos elementos, bem como as propriedades dos compostos, estão na dependência ou expressam-se algebricamente através de uma função periódica dos pesos atômicos dos elementos. (MENDELEEV, 1891, p.16 [tradução dos autores])

Podemos perceber que tanto na construção de um modelo definitivo de tabela periódica, quanto na classificação dos elementos químicos até os dias atuais, são visíveis as inter-relações e a noção do compartilhamento de conhecimentos como uma construção coletiva. Esta compreensão também já foi formulada por Fleck (2010), quando este afirma que a construção coletiva do saber científico, bem como a matriz social e cognitiva em que estão inseridos os pesquisadores que os desenvolvem, estão diretamente relacionadas ao estilo de pensamento e consequentemente no coletivo de pensamento que produzem o fato científico. De acordo com esse autor, um estilo de pensamento contém vestígios históricos do desenvolvimento evolucionário aos vários elementos de um outro estilo.

Quem veio primeiro, Julius Lothar Meyer ou Dmitri Mendeleev?

É comum encontrar na literatura ideias paralelas entre os trabalhos desenvolvidos por Dmitri Mendeleev e Lothar Meyer que, embora tenham trabalhado de forma independente, apresentaram modelos de periodicidade dos elementos químicos bem parecidos, ou talvez até idênticos, fato que pode ser justificado devido a participação dos mesmos no Congresso de Karlsruhe, em 1860 (SCERRI; WORRALL, 2001; CID, 2009). Segundo Chang (1994), os trabalhos de Mendeleev e Meyer foram idealizados na mesma época.

No ano de 1868, Julius Lothar Meyer (1830-1895), um químico alemão, produziu uma tabela que ordenava os elementos por peso atômico e, nas colunas, estavam os elementos de propriedades químicas semelhantes. Entretanto este trabalho só foi publicado em 1870, no qual um antes, Mendeleev já havia publicado o seu primeiro sistema periódico, que seguia os mesmos princípios do de Meyer mas deixava um espaço em branco para os elementos que poderiam ser identificados no futuro (CHANG, 1994).

Mendeleev e Meyer realizaram várias publicações em periódicos da área para mostrar a autenticidade na elaboração deste modelo de tabela periódica. Todavia, Mendeleev ganhou o crédito por este feito e as contribuições de Meyer foram esquecidas devido à complexidade das suas publicações. Dessa forma, a construção de novos modelos de TP fez com que a linguagem desempenhasse papel central nessas construções, diante das disputas na comunidade científica. Ou seja, dificuldades na linguagem se refletiam na não comunicabilidade e na não reprodutibilidade da TP. Os ‘mal-entendidos’ provenientes desta ação, são explicitados por Fleck (2010), como não promotores do desenvolvimento do conhecimento científico de forma imparcial pelo mundo. Pelo contrário, geram confusão na comunidade científica. No entanto, para vários historiadores e filósofos das ciências, o trabalho de Mendeleev não foi central, mas, antes pelo contrário, foi um entre vários o que também corrobora o pensamento Fleckiano, de que a ciência é uma construção coletiva, jamais individual:

O sistema periódico não foi descoberto por Dmitri Mendeleev, sozinho, como geralmente se pensa, nem mesmo por Mendeleev e Julius Lothar Meyer. Foi descoberto por cinco ou seis indivíduos, mais ou menos na mesma época, na década de 1860, depois da adoção de novos pesos atômicos no Congresso de Karlsruhe. (SCERRI, 2007, p. 63 [tradução dos autores])

Para Reis (2009), a ciência fundamenta-se na racionalidade e na cooperação, mas também existe competitividade e antagonismos no seu interior, os quais não se encerram apenas em disputas acadêmicas internas, mas também envolvem as interações CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), as quais são denominadas de controvérsias sociocientíficas (CSC). Nesse contexto, Chalmers (1993) pontua a necessidade desconstruir a ideia de que a ciência é uma atividade apenas racional. Durante toda a história da ciência sempre existiram controvérsias intelectuais entre grupos de cientistas, em que cada um tentava provar sua teoria e diminuir a credibilidade do oponente. No entanto, é no meio destas controvérsias científicas, restritas à comunidade de especialistas, que o conhecimento nasce.

Henry Moseley e Glenn Seaborg e a evolução da Tabela Periódica nos dias atuais

Em 1890, a identificação dos gases nobres por Ramsay, veio forçar a incorporação na dos mesmos na tabela periódica criando um novo grupo de ele-

mentos cuja falta de reatividade justificava o fato de não terem sido umas das previsões de Mendeleev, entretanto se encaixaram perfeitamente no sistema de classificação proposto pelo pesquisador (DUARTE, 2009; SCERRI; WORRALL, 2001).

Já em 1913 o contínuo progresso no conhecimento das partículas subatômicas permitiu a Henry Moseley (1887-1915), estabelecer o conceito de número atômico. Moseley verificou ainda que as propriedades dos elementos se repetem periodicamente quando estes se colocam por ordem crescente do seu número atômico (CHANG, 1994). A Lei Periódica de Moseley foi determinante para a organização dos elementos químicos, passando assim o número atômico a ser o número de ordem de um elemento na tabela periódica.

Na década de 1950 a tabela periódica sofreu sua última grande reformulação, com base nos trabalhos desenvolvidos por Glenn Theodore Seaborg (1912-1999). Depois da identificação do plutônio, em 1940, Seaborg identificou ainda os elementos transurânicos e reconfigurou o sistema periódica, colocando os elementos da série dos actínídeos a seguir à série dos lantanídeos, na zona inferior da mesma. Sendo que a identificação destes elementos era um assunto sigiloso, pois já havia iniciado a 2ª Guerra Mundial e a utilização de conhecimentos científicos para a produção de uma bomba atômica permeava a ciência no momento, Seaborg (1969) relata a respeito desses elementos:

Esses dois elementos transurânicos recebiam apenas a designação de “elemento 93” e “elemento 94” ou então nomes em código, o que foi adotado até a primavera de 1942 quando foram redigidos os primeiros relatórios detalhados sobre os trabalhos correspondentes. Os trabalhos iniciais foram levados a cabo em um ambiente de segredo, em virtude das aplicações militares potenciais do elemento 94. (SEABORG, 1969, p. 29).

Apesar do fato de que a circulação intracoletiva e intercoletiva das ideias fazerem parte do desenvolvimento científico, em tempos de guerra, o fazer científico tende a se comportar de maneira parcial. Schaffer e Schelle (1986) relatam que Fleck, durante sua detenção em campos nazistas, foi encarregado elaborar uma vacina para o Tifo e, no entanto, produziu vacinas ineficazes para distribuir ao governo nazista. Analogamente, a produção dos elementos transurânicos teve que se dar de maneira sigilosa envolvendo, para isso, linguagens em código.

As modificações mais substanciais ao longo dos últimos cerca de 152 anos de existência da tabela periódica foram devidas, essencialmente, à incorporação de novos elementos químicos, dando origem a diferentes propostas de ordenação dos elementos, sempre com a intenção de apresentar a regularidades no comportamento químico dos elementos. Desta forma, a tabela periódica apresenta um caráter dinâmico, no sentido em que novos elementos que forem identificados poderão vir a ser incorporados nela.

Segundo Chamizo (2013), a Química é uma tecnociência que prioriza a realização de ações que buscam criar substâncias, entendendo que não existem substâncias sem uma ação criativa. Elas não são apenas o resultado de uma intencional ação humana, mas também uma construção de significados plenamente inseridos num dado contexto histórico-cultural. Assim, quando tomamos como objetivo que a química escolar aborde questões da vida cotidiana e da sociedade, o currículo deve reconhecer que a química se faz presente nas diferentes culturas humanas e em suas sociedades.

Dessa forma, a pouca importância atribuída à abordagem histórica desenvolvida em um plano de Ensino pode reforçar concepções inadequadas sobre a atividade científica. Leite e Porto (2015) pontuam que o modo como a tabela periódica foi apresentada em livros de química geral, ao longo do século passado, reflete algumas dessas características: gradual perda de espaço dos aspectos históricos, descritivos e macroscópicos das propriedades das substâncias em favor de modelos submicroscópicos - especialmente do modelo de orbitais, proposto como explicação para a periodicidade das propriedades dos elementos (LEITE; PORTO, 2015), estes que não tem muita aplicação na vida cotidiana do estudante.

A história do desenvolvimento da tabela periódica, se apresentada de forma não mítica ou controversa, pode propiciar a compreensão da ciência como uma construção coletiva e permanente, que envolve trabalho árduo e que está sujeita às condições conceituais e sociais da época em que é produzida (GOMES, MENDES, AIRES; 2021), como fizemos neste trabalho. Quando nos referimos a não utilização de ‘mitos’ ou ‘controvérsias científicas’ estamos propondo a superação da simples menção a nomes e datas de ‘grandes descobertas’, organizadas de forma linearizada, em favor da apresentação das contribuições de diversos cientistas ao tentar resumir a complexidade do processo de construção da ciência.

Ademais, o processo histórico pode auxiliar na própria compreensão do conteúdo científico, nesse caso a Tabela Periódica, auxiliando no entendimento da periodicidade dos elementos, e quais os raciocínios químicos que levaram a sua proposição.

Considerações Finais

Durante a elaboração deste estudo o objetivo foi a produção de um texto que, trazendo à tona um posicionamento epistemológico Fleckiano, pudesse explorar alguns episódios referentes a Tabela Periódica dos elementos químicos e desmitificar ideias errôneas sobre a mesma. Temos claro que este texto não abrange toda a extensão desta rica história, porém, permite compreender alguns aspectos da dinâmica científica em um período polêmico e de grandes feitos científicos.

A partir do levantamento histórico propostos aqui, ficou evidente que a história da tabela periódica traz muitas controvérsias, mas que na verdade, ou foram deturpadas ou são pura fantasia. Assim, seria mais proveitoso que livros didáticos e materiais de divulgação científica não apenas relatassem esses e outros mitos contados de geração em geração, mas também os discutissem, para que os estudantes possam discernir o fantasioso do real, o improvável do plausível.

Desta forma, a Tabela Periódica não se resume a Mendeleev, mas é produto de um complexo sistema de referência, produzido coletivamente, que inclui vários pesquisadores, identificação de diferentes elementos químicos, classificação destes elementos, saberes populares, julgamentos morais, saberes científicos teóricos, práticas laboratoriais, financiamentos, políticas públicas, entre outros, tudo isso articulado em circunstâncias sociais e históricas específicas.

É importante desenvolver com os estudantes a ideia de que a ciência foi e é construída por cientistas que se dedicam muito, no labor diário dos seus laboratórios, quando também realizam diversas tentativas frustradas, até chegar a um resultado final. Além disso, também é de extrema importância ressaltar que existem diversas pessoas envolvidas em todo o processo de construção do conhecimento; não sendo, portanto, apenas um cientista que ‘descobri’ as tais ‘verdades’ que conhecemos hoje. Mas sim, que os conhecimentos a que hoje temos acesso, são resultado de um longo processo de construção humana, coletiva e dinâmica da ciência.

A determinação de um modelo periódico definitivo, ainda que importante, é apenas um aspecto desse complexo de interações. Interações essas que não apenas conduzem ao entendimento do que seja a Tabela Periódica, mas pode modificar esse entendimento através do tempo. Diferentes estilos de pensamento tiveram diferentes entendimentos sobre a organização dos elementos químicos ao longo do tempo e, eventualmente, no mesmo espaço de tempo.

Por fim, destaca-se aqui o papel fundamental de se realizar discussões sobre a Tabela Periódica, sua importância para a ciência, e os processos de construção da mesma, para que os estudantes possam entender que essa é uma poderosa ferramenta para o desenvolvimento científico. Reiteramos também a necessidade de uma abordagem coerente de História da Ciência a fim de promover a compreensão de que cada modelo de tabela já proposto foi fundamental para a construção do conhecimento que temos hoje acerca da Tabela Periódica Atual.

Referências

BARRAL, Isabel Pintos. Mendeleev: Academicamente incorrecto. *Boletín das Ciências*, n. 69, p. 29-36, 2009.

BAIA, Flávia; PORTO, Paulo. Mendeleev e a existência dos átomos. In 32ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. *Atas...* Fortaleza, CE. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2009.

BERMEJO, Manuel R.; NOYA, Ana Maria González; PEDRIDO, Rosa. As predições de Mendeleev. *Boletín das Ciências*, v. 69, p. 129-141, 2009

BRITO, Angmary; RODRÍGUEZ, María A.; NIAZ, Mansoor. A reconstruction of development of the periodic table based on history and philosophy of science and its implications for general chemistry textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 42, n. 1. p. 84-111, 2005.

BRYSON, Bill. *Breve história de quase tudo*. Lisboa: Quetzal Editores, 2003.

CHALMERS, Alan Francis. *O que é ciência afinal?* São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHANG, Raymond. *Química*. Lisboa: McGraw-Hill, 1994.

CHAMIZO, José Antônio. Technochemistry: One of the chemists' ways of knowing. *Foundations of Chemistry*, v. 15, p. 157-170, 2013.

CID, Ramón. Mendeleev: Lembranza en tres Actos. *Boletín das Ciencias*, n. 69, v. 37-59, 2009.

CONDÉ, Mauro Lúcio Leitão (Org.). *Ludwik Fleck: estilos de pensamento na ciência*. Belo Horizonte: Fino Traço, 2012.

CONDÉ, Mauro Lúcio Leitão. *Um papel para a história: o problema da historicidade da ciência*. Curitiba: UFPR, 2017.

CONDÉ, Mauro Lúcio Leitão. Mutações no Estilo de Pensamento: Ludwik Fleck e o Modelo Biológico na Historiografia da Ciência. *Revista de Filosofia Moderna e Contemporânea*, Brasília, v.6, n.1, p. 155-186, jul. 2018.

DUARTE, Pilar González. As mil caras da Tábua Periódica. *Boletín das Ciencias*, n. 69, p. 83-97, 2009.

FLECK, Ludwik. *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*. Madrid: Alianza Editorial, 1986.

FLECK, Ludwik. *Gênese e desenvolvimento de um fato científico*. Belo Horizonte: Fabrefactum Editora, 2010.

GIL, Antônio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, Rodrigo Da Vitória. *A História da Ciência no Ensino de Química: Um Estudo sobre a Tabela Periódica desenvolvido com futuros Professores*. 159f. Dissertação (Mestrado em Ensino na Educação Básica). Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário do Norte do Estado do Espírito Santo, São Mateus, 2020.

GOMES, Rodrigo Da Vitória; MENDES, Ana Nery Furlan. Ensino de História da Química: Uma proposta didática para abordagem da construção histórica da tabela periódica na nova modalidade da EJA. In: Anais do 20º Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ Pernambuco). *Anais...* Recife/PE, UFRPE/UFPE, 2021.

GOMES, Rodrigo Da Vitória.; MENDES, Ana Nery Furlan; AIRES, Joanez Aparecida. História da ciência no ensino superior: um estudo das concepções de licenciandos em química sobre a construção da tabela periódica. *Scientia Naturalis*, v. 3, n. 4, p. 1662-1677, 2021.

KAJI, Masanori. Mendeleev's concept of chemical elements and the principles of chemistry. *Bulletin for the History of Chemistry*, v. 27, n. 1, p. 4-16, 2002.

LAVOISIER, Antoine. *Traité élémentaire de chimie*. Paris: Cuchet, 1789.

LEITE, Raquel Crosara Maia Leite.; FERRARI, Nadir; DELIZOICOV, Demétrio. A história das leis de Mendel na perspectiva fleckiana. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru*, v.1, n.2, p. 97 – 108, 2001.

LEITE, Helena S. A.; PORTO, Paulo A. *Análise da abordagem histórica para a tabela periódica em livros de química geral para o ensino superior usados no Brasil no século XX*. *Quim. Nova*, Vol. 38, No. 4, 580-587, 2015.

LOWY, Ilana. Ludwik Fleck e a presente história das ciências. *História, Ciências, Saúde*, v. 1, n. 1, 1994.

LUDKE, Menga; ANDRÉ, Marli. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.

MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. História da Ciência: objetos, métodos e problemas. *Ciência e Educação*, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.

MENDELEEV, Dmitri Ivanovic. *The Principles of Chemistry*. Nova Iorque: Collier, 1891.

MOCELLIN, Ronei Clécio. Química e modernidade. *Cadernos Pet filosofia UFPR*, Curitiba, n. 16, p. 9-26, 2015.

MOURA, Rodrigo; CANALLE, João Batista Garcia. Os mitos dos cientistas e suas controvérsias. *Rev. Bras. Ensino Fís.* São Paulo, v. 23, n. 2, p. 238-251, 2001.

NAGEM, Ronaldo Luiz; FIGUEIRO, Ana Maria Senac; SILVA, Cinthia Maria Gomes; CARVALHO, Ewaldo Melo. Analogias e metáforas no cotidiano do professor. *Atas... 26ª Reunião anual da ANPed*, Belo Horizonte, 2003.

NYE, Marry Jo. *The history of modern physics 1800-1950: the question of the atom*. Los Angeles: Tomash Publishers, 1984.

OKI, Maria da Conceição Marinho. O Congresso de Karlsruhe e a realidade atômica do século XIX. *Química Nova Na Escola*, n. 26, 2007.

PAIS, Xosé Anxo Freire. A vida de D. Mendeléiev e o entorno político-social da Rússia do seu tempo. *Boletín das Ciências*, v. 69, p. 13-27, 2009.

REIS, Pedro. Ciência e Controvérsia. *Revista de Estudos Universitários*, v. 32, p. 9-15, 2009.

SCERRI, Eric. *The periodic table: its story and its significance*. Oxford: Oxford University Press, 2007.

SCERRI, Eric. *The Periodic Table: A Very Short Introduction*. Oxford: Oxford University Press, 2011.

SCERRI, Eric. WORRALL, John. *Prediction and the Periodic Table*. In Scerri, Eric. (Ed.). *Selected Papers on The Periodic Table*. Londres: Imperial College Press, 2011.

SCHAFFER, Lothar; SCHNELLE, Thomas. *Los fundamentos de la visión sociológica de Ludwik Fleck de la teoría de la ciencia*. In: FLECK, Ludwik (Org.). *La génesis y el desarrollo de um hecho científico*. Madrid: Alianza Editorial, 1986.

SEABORG, Glenn. Prospects for further considerable extension of the periodic table. *Journal of Chemical Education*, v. 46, nº 10, p. 626 – 634, 1969.

STRATHERN, Paul. *O sonho de Mendeleev: A verdadeira história da Química*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.

SPRONSEN, VAN J. W. The prehistory of the periodic system of the elements. *Journal of Chemical Education*, v. 36, n. 11, p. 565 - 567, 1959.

TAVARES, Ana Maria Alves Ferreira. *A História das Ciências e as analogias na evolução da Tabela Periódica: Um estudo com manuais escolares e seus autores. 212 f.* Dissertação (Mestrado em Ciências da Educação). Universidade do Minho Instituto de Educação, 2012.

TRASSI, Rosana Cristina Manharello; CASTELLANI, Ana Mauriceia; GONÇALVES, José Eduardo; TOLEDO, Eduardo Aparecido. Tabela periódica interativa: um estímulo à compreensão. *Acta Scientiarum*, v. 23, n. 6, p. 1335-1339, 2001.