

Filosofia da classificação no ensino de Química

Samara de Jesus Santos (IC)^{1*}, Marcos Antonio Ribeiro Pinto (PQ)¹, Martín Labarca (PQ)²

¹ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

² CONICET - Argentina

samara.jsantos33@gmail.com*

Palavras-Chave: Classificações, Química, Filosofia.

RESUMO: A QUÍMICA É UMA CIÊNCIA QUE UTILIZA AS CLASSIFICAÇÕES EM UM GRAU ELEVADO. A TABELA PERIÓDICA É UM EXEMPLAR DAS CLASSIFICAÇÕES QUÍMICAS, UM DOS MAIORES ÍCONES DA CIÊNCIA. ENTRETANTO, AS CLASSIFICAÇÕES SÃO TRATADAS NO ENSINO DE QUÍMICA DE FORMA ASSISTEMÁTICA, NÃO REFLETIDAS. UMA EVIDÊNCIA É A MANEIRA COMO A TABELA PERIÓDICA É ENSINADA. NESSE TRABALHO PRIMEIRO ESCLARECEMOS O QUE PODE VIR A SER CHAMADA DE FILOSOFIA DA CLASSIFICAÇÃO, DEPOIS ESTUDAMOS A TABELA PERIÓDICA COMO UM ESTUDO DE CASO DAS CLASSIFICAÇÕES E POSTERIORMENTE IDENTIFICAMOS O ENSINO DA TABELA PERIÓDICA COMO UM CASO ESPECÍFICO E PROPOMOS UMA INTERVENÇÃO PARA O SEU ENSINO.

INTRODUÇÃO

As classificações em química é lugar comum. Na prática, seja de ensino ou de pesquisa, convive-se com o problema das classificações cotidianamente. Por exemplo, como dar ordem a cerca de 80.000.000 de substâncias novas e crescendo diariamente? Para tal problema constitutivo e central da química lança-se mão de critérios. Entretanto, esse problema, apesar de constitutivo na química, pouco tem-se refletido de forma mais sistemática na educação química.

Com o avanço da filosofia da química é possível isolar uma filosofia regional transversal na química, chamada de filosofia da classificação. Nesse trabalho apontamos, através de uma pesquisa bibliográfica, as primeiras noções sobre a filosofia da classificação para, posteriormente, aplicarmos a um estudo de caso sobre a tabela periódica.

Nesse caso específico identificamos a consequência da falta de uma maior problematização da filosofia da classificação. Apesar de haver mais de 1000 tipos de propostas de tabela periódicas, apenas três modelos e hegemonicamente o modelo de Mendeleiev é ensinada. Isso representa uma forma dogmática para um problema pragmático e plural. Caso aceitemos as classificações como uma filosofia pragmática e pluralista, devemos não dogmatizar o seu ensino. Iniciamos então propondo as diretrizes da filosofia da classificação e posteriormente estudamos o caso da tabela periódica.

Necessidade de uma filosofia da classificação

Em determinados campos, a classificação é central, como, por exemplo, nas ciências da informação. Em outros campos, ela é apenas marginal, como na física. Crombie (1994) defende seis estilos de pensamento presente na tradição do pensamento científico europeu: uma simples postulação defendida pela ciência matemáticas; exploração experimental e medidas de relações observáveis complexa; construções hipotéticas de modelos analógicos; ordenação da variedade por comparação e taxionomia; análise estatística de regularidades de população e cálculos de probabilidades; derivação histórica do desenvolvimento genético.

O desenvolvimento científico selecionou alguns desses estilos como sendo os mais importantes. Para Schummer (1998, p.143), “uma longa tradição da filosofia da

ciência, principalmente fascinada com a elegância da mecânica newtoniana e suas teorias sucessoras, tem, de fato, negligenciado que a classificação é um objetivo fundamental da ciência”. Para Schummer (1998, p. 142):

Todas as modernas ciências naturais, com exceção de uma, começaram com a classificação, cada uma delas a partir de uma perspectiva específica. A física tentou fazer sem classificação e começou com relações matemáticas entre propriedades quantitativas. Ambas abordagens permitiram predições de propriedades que cada uma das ciências estava procurando. Isso significa que as leis da física e as classificações de outras ciências naturais têm exatamente o mesmo estatuto metodológico. Todas são teorias sobre um nível básico, mas em todo o sentido que a filosofia da ciência tem dado a esse termo, ou seja, ordenar sistematicamente, prever, e, conseqüentemente, explicar um certo domínio de fenômenos.

No século XVII, a filosofia preocupou-se essencialmente com a questão do método (POMBO, 2006): como chegar à conclusão a partir das premissas e como atingir um conhecimento verdadeiro era o objetivo da filosofia da ciência. No século XVIII, com o esplendor da disciplinarização e a formação de novos ramos científicos como a biologia e as ciências humanas, a classificação tornou-se o centro da filosofia da ciência. Nesse século são grandes as propostas de esquemas classificativos das ciências como o de Comte e de Spencer.

No século XX, há ainda muitos esquemas classificativos das ciências, como os de Peirce¹ e Kadrok, mas o estatuto das classificações é perdido e deixou lugar à busca e ao desejo da axiomatização das teorias. As ciências que não possuíssem teorias formalizáveis eram meros colecionadores de selos². Esse ideal é levado ao extremo com o círculo de Viena e o positivismo lógico até a sua finalização com o teorema de Godel, o qual defendia que toda e qualquer sentença necessita de uma afirmação externa ao seu próprio sistema.

Na atualidade, entretanto, a ciência se depara com desafios que restauram o estatuto das classificações. Primeiro, ela atravessa campos disciplinares dominados pela imagem, como a nanobiotecnologia e a astronomia, que forçam a estabelecer classes, ordenações; e, segundo, a razão histórica entra no discurso científico que forçosamente leva a pensar também por sistemas de classificações e descrições, por uma razão ideográfica (LAMŽA, 2010). No contexto da química, Lamžá (2010) tem investigado até que ponto a química não poderia ser descrita por uma razão histórica. Para Pombo (2006), no século XX, principalmente com Perelman, o problema passa de classificação dos seres a ciência da classificação.

As classificações têm três características importantes: primeiro, elas são arbitrárias, sempre dependem do olhar humano; segundo, elas têm sempre um princípio classificador, o qual é dependente da razão e do momento histórico, dos instrumentos e desenvolvimento epistemológico do tempo histórico; terceiro, ela aspira à clareza, a dirimir ambigüidade e completude.

De classificação dos seres passa-se a ciência da classificação. A revista Knowledge organization³ tem publicado muitos artigos sobre o que tem vindo a se chamar filosofia da classificação. Algumas referências importantes desse movimento têm sido o biólogo Jonh Dupré (1981, 1993), Birger Hjørland (2011) e o filósofo/químico

¹No esquema classificatório de Peirce, a química é posta juntamente com a lógica.

²Essa é uma referência normalmente atribuída a Rutheford quando ele se refere ao contexto da química.

³http://www.ergon-verlag.de/en/start.htm?d_KO_Print_version_plus_PDF_8958.htm, Acesso em: 23 abr. 2011

Eric Scerri (2007, 2011). Esse é um movimento recente; no ano de 2011, ocorreu o primeiro fórum⁴ sobre filosofia da classificação. Em um artigo sobre uma revisão do livro *The Periodic Table: Its Story and Its Significance* (SCERRI, 2007), Hjørland (2011) mostra as principais questões postas pela filosofia da classificação. Hjørland (2011) defende que o campo da filosofia das classificações é, ainda hoje, um campo restrito a um número pequeno de investigadores e, como as classificações foram rebaixadas pelo positivismo lógico como não científicas quando comparadas com as medidas, as classificações representam uma luta contra essa tendência positivista.

Para Hjørland (2011, p. 11), “o sistema periódico tem um lugar privilegiado na filosofia da classificação”. Feger (2001 apud HJØRLAND, 2011) defende que a tabela periódica de Mendeleev é um protótipo de todas as taxinomias, pelos critérios relacionados a seguir.

Fundações teóricas: determinam uma teoria das classes e suas ordens; Objetividade: os elementos podem ser observados e classificados familiarmente com a tabela dos elementos; Completetude: todos elementos são encontrados em um único lugar no sistema e o sistema implica uma lista de todos os elementos possíveis; Simplicidade: somente um pouco de informação é usada para estabelecer o sistema e identificar um objeto; Predição: os valores de variáveis não usados para classificação podem ser previstos (número de elétrons e peso atômico), bem como a existência de relações e de objetos inobserváveis. Assim, a validade do sistema classificatório torna-se testável.

A análise do sistema periódico pode iluminar os principais elementos do núcleo teórico e filosófico de uma filosofia da classificação: o conceito de tipo natural; a natureza da teoria do sistema de observações e suas implicações para a classificação teórica; a relação entre classificação e teoria (por exemplo, a relação entre o sistema periódico e a mecânica quântica); se classificações são representações corretas ou construções mais ou menos poderosas; as bases metodológicas para a construção de classificações (observações, análises lógicas, reconstruções históricas, análises pragmáticas).

Para Hjørland (2011), princípios empiricistas geram classificações baseadas em propriedades que podem ser descritas de forma independente de teorias. Princípios racionalistas enfatizam aspectos que são coerentes logicamente e baseados em princípios claros. Princípios historicistas enfatizam aspectos que são relacionados ao desenvolvimento histórico dos seus elementos ou conectados com visões teóricas explícitas. Princípios pragmáticos enfatizam aspectos que são mais alinhados com os propósitos e objetivos.

Se essas diferentes aproximações provessessem as mesmas classificações, então poderíamos dizer que os objetos químicos são tipos naturais e as classificações seriam naturais. Em geral esse é o ponto de vista mais defendido dentro da ciência. Para Scerri (2007, p. 927), “a tabela periódica representa talvez a mais forte defesa de uma classificação natural que pode ser encontrada em uma disciplina científica. Como tal, ela ocupa a atenção de investigadores da classificação e da organização do conhecimento em geral”. Também Bachelard (2009, p.55) alinha-se a um ponto de vista realista ao defender que, “surpreendentemente, esta ordem está presente na realidade”.

O conceito de tipo natural é central para uma filosofia da classificação. Tipo natural é definido como um grupo ou ordem que é independente do humano, determinado por propriedades essenciais. Como visto no capítulo 1 e 3, o conceito de tipo natural e o essencialismo são particularmente difíceis e constituem um problema

⁴http://www.academia.edu/447887/Forum_The_Philosophy_of_Classification, Acesso em: 24 abr. 2011

na química e no ensino de química. As propriedades químicas são materiais, dependentes do contexto e dos instrumentos de medidas, logo, não são essências.

Para Hjørland (2011, p. 15), uma “classificação corresponde a uma teoria e vice-versa: uma teoria tem implicações para a classificação de seus objetos”. Em relação ao sistema periódico da química, consideram-se a teoria da relatividade e a teoria da mecânica quântica como as bases teóricas possíveis. Scerri (2007, p.927) defende, entretanto, que, “a teoria da relatividade tem tido limitado impacto no entendimento do sistema periódico, mas está se tornando importante no cálculo de átomos e moléculas” e na “relação entre a química e a moderna física atômica, particularmente, a mecânica quântica, na visão popular, reforçada por muitos livros, de que química é nada mais que física aplicada. Entretanto, a mecânica quântica tem tido pouco sucesso em descrever as classificações químicas”.

Scerri (2007) também aponta que químicos desenvolveram o sistema de classificação por princípios indutivistas, sem recorrer a princípios teóricos e, principalmente, sem recorrer à mecânica quântica. A variedade de relações entre teoria e sistema de classificações pode ser evidenciada na variedade de proposições ao sistema periódico químico. Stewart (2005, p. 157) escreve que

A construção de tabelas periódicas não tem fim. Nenhuma versão pode jamais ser definitiva, porque existem vários objetivos incompatíveis. Alguns autores fornecem uma versão esquemática que é legível e de fácil reprodução, enquanto outros exploram dispositivos para expressar a complexidade. Alguns visam simplicidade ou graça, enquanto outros querem transmitir informações detalhadas como massa atômica relativa, valência, estrutura eletrônica, pontos de fusão, e pontos de ebulição, eletronegatividade, a radioatividade, natureza metálico ou não metálico, afinidades geológicas e assim por diante.

Existe a melhor tabela periódica? Como escolher a melhor? Quais seriam suas características? Para Hjørland (2011), que defende um ponto de vista pragmático, essa pergunta é impossível e é desnecessário dar-lhe uma resposta. De fato, existem atualmente mais de 700 tipos de tabelas periódicas publicadas, os quais dependem de interesses pragmáticos particulares e dos critérios teóricos a que objetivam as classificações. Periodicidade química é apenas um dos critérios, mas outros podem ser colocados como padrões emergentes, topologia. Assim, as classificações sustentam uma visão pluralista da química e da ciência.

Como defendido atrás, as classificações são um lugar comum na química (SCERRI, 2007; SCHUMMER, 2006; LEFÉVRE, 2011). Na história da química, as substâncias químicas conhecidas são classificadas de acordo com os seguintes critérios: propriedades químicas; composição elementar (paradigma composicional) e estrutura (grupos funcionais – paradigma estrutural). Existem, entretanto, muitas outras subclassificações como, por exemplo, substâncias orgânicas e inorgânicas.

Todas as classificações dependem de uma conceituação ontológica da identidade química e revelam algumas tensões químicas, como estrutura/composição. De acordo com Schummer (1998), as substâncias podem ser divididas em classes, conforme as similaridades químicas, mesmo quando apresentam diferenças consideráveis nas propriedades físicas. Essa classificação das substâncias não é totalmente hierarquizada do conceito geral para o específico. Um exemplo disso é que uma substância pode pertencer ao grupo dos ácidos, assim como ao grupo das substâncias aromáticas, embora a primeira não seja um subconjunto da segunda.

A classificação de uma substância química revela certo tipo de circularidade, uma vez que os conceitos de similaridade química e classes de substâncias são mutuamente dependentes. De acordo com Schummer (1998): duas substâncias

pertencem à mesma classe se forem quimicamente similares; duas substâncias são quimicamente similares se cada uma delas reagir sob as mesmas condições para formar produtos de uma classe de substância comum.

Essas definições não constituem um círculo vicioso, mas uma rede (ou teia) conceitual em que as classes das substâncias estão inter-relacionadas umas as outras por meios diretos e indiretos, incluindo também a referência mútua. Isso forma um sistema de recursividade e relacionalidade, identificado por relações internas, que tem sido investigado como uma das características epistemológicas da química (BERNAL; DAZA, 2010; BACHELARD, 2009).

Uma vez que cada classe de substância é definida com referência a outra classe, faz-se necessária a construção de um ponto inicial da rede, a partir do qual ela se desenvolve. A história da química é particularmente rica em tais pontos de partida. Um exemplo disso é que os ácidos foram agrupados de acordo com seu gosto azedo, as correspondentes bases e sais foram classificados de acordo com suas relações químicas com ácidos.

Outro critério de classificação é a composição elementar. A análise dos materiais é um procedimento antigo. Entretanto, a determinação quantitativa dos componentes de um material só veio a acontecer após Lavoisier (IHDE, 1984). A composição elementar, como conhecida hoje, só tornou-se possível da segunda metade do século XIX em diante, com a completeza dos elementos químicos. As substâncias podem ser classificadas de acordo com os elementos que as compõem. Assim, há os hidrocarbonetos (substâncias cujas moléculas contêm apenas os elementos carbono e hidrogênio), substâncias oxigenadas, nitrogenadas e sulfuradas, que contêm, respectivamente, os elementos oxigênio, nitrogênio e enxofre.

Outro critério de classificação é a estrutura funcional. Uma estrutura é a maneira pela qual os átomos dos elementos químicos que compõem uma determinada molécula estão ligados. A importância da classificação estrutural cresceu e tornou-se uma dimensão própria da química a partir do século XIX, com o desenvolvimento da química orgânica (GOODWIN, 2008). Tal estudo levou à tese do microestruturalismo, que sustenta a presunção dos químicos de encontrarem correspondência entre suas construções diagramáticas e o mundo. Desse modo, as classificações por propriedades químicas e por estrutura se inter-relacionam.

Assim, podemos organizar a história da química como a sucessão de sistemas classificatórios, no qual novas conceituações químicas são propostas e novas etapas cognitivas da química são lançadas, com novos princípios classificatórios. Por exemplo, Paracelso tem como princípio classificatório as propriedades disposicionais. Lavoisier usa o conceito operacional de substância pura (composição), Mendeleev, o conceito de peso atômico. Nas classificações atuais utilizam-se princípios classificatórios mais influenciados pela matemática e pela física, como as propriedades topológicas, elementos da mecânica quântica, padrões emergentes. Poderíamos dizer que a química passou de um quadro aristotélico para um quadro mais platônico, de nominal para real, de empírico para mais racional, de descritivo para mais teórico, de qualitativo para quantitativo, de aritmético para mais geométrico.

Um exemplo importante na história da química é a divisão normalmente feita entre química teórica e descritiva. Química descritiva lida com essências nominais, qualidades primárias: sólidos, líquidos, cor, reativo, não reativo. Química teórica com essências reais: spectrum de absorção, energia de Gibbs, energia de ativação, estado de transição, tendo sido influenciada fortemente pela revolução instrumental da química no século XX, principalmente após os anos 30, e pela explicação da mecânica

quântica. No currículo, por influência do reducionismo fiscalista, já analisado atrás, a química descritiva caiu em prestígio em favor da química teórica.

Bent e Bent (1987) utilizam-se das seguintes teses ao analisar a tensão entre química teórica e descritiva: deve-se conhecer muita química descritiva para usar a química teórica corretamente; deve-se conhecer muita química teórica para descrever a química quimicamente; química teórica e descritiva são a mesma coisa; química descritiva é uma história natural do estado estacionário; química descritiva é um conhecimento declarativo em um momento histórico; química descritiva tem primazia na hierarquia do pensamento químico; toda a química é descritiva e teórica.

Em um artigo recente, Houten (2009, p.13) declara: “Química descritiva é difícil de ser ensinada. É o coração de muitos processos e aplicações. Forma a base histórica da tabela periódica. Entretanto, é frequentemente omitida de muitos cursos”. Esta é mais uma evidência do fiscalismo reducionista no currículo de química. Defende Houten (2009, p.15) que “é um prejuízo crítico para os estudantes não entenderem e não apreciarem a beleza e a elegância bem como a importância da química descritiva. Química descritiva e seus conceitos são os fundamentos das técnicas de muitas análises.”

Tendo as classificações químicas como um domínio de especificidade, a educação química terá que fazer algumas perguntas para a investigação futura: Qual é a ordem filosófica dos problemas das classificações? Ela pode ser um operador transcendente importante para fundamentar uma didática da química? Como deduzir a partir daí uma didática da química? Como a educação química beneficiar-se-ia integrando-a explicitamente em suas práticas? E como fazer? Como se presentificam essas práticas na química? Quais os principais conceitos? Como as classificações estão integradas na prática química, nos livros didáticos e nos currículos? São abordados explicitamente pelos currículos ou são integrados de forma implícita? Se não, como fazer?

Qualquer sistema de classificação fundamenta-se em uma classe de conceitos e categorias bem construídos (SCHUMMER, 1999, 1998). Logo, nessa dimensão da práxis química, o principal desafio é entender as classes e os tipos de conceitos que são constitutivos da química. Trata-se, entretanto, de outra área de pesquisa em educação química ainda por ser trabalhada: Qual a natureza dos conceitos da química? Como são construídos? Como são organizados e integrados na estrutura cognitiva da química? Como são relacionados com a lógica, a epistemologia e o sistema de classificações em química? Qual sua relação com os diversos sistemas ontológicos e epistemológicos?

Em uma busca nos principais jornais sobre ensino de ciências e educação química⁵, não encontramos nenhum trabalho que tomasse as classificações como um problema didático e articulador do ensino. Como um tema transversal e presente na prática química consegue ser tão pouco problematizado? Entretanto, encontramos muitos temas inter-relacionados. Uma boa referência é o artigo de Taber (2001, p. 141), um conceituado educador químico, que defende que

Um aprendizado significativo de química requer: ter uma noção apropriada da noção de substância; entender que substância mantém sua identidade através das mudanças de estado; reconhecer que durante as mudanças químicas (a) os produtos são substâncias diferentes dos reagentes (b) existe a conservação de matéria em um nível mais fundamental. Quando este conceito básico de

⁵ Os jornais que foram pesquisados são: *Abrapec, Química nova na escola, Química nova, Science & Education, Enseñanza delas ciencias, Journal of chemical education.*

substância é bem entendido, o nível de explicação molecular é comumente facilitado para explicar as propriedades das substâncias. (grifo nosso).

Nesse artigo, o autor não explicita em nenhuma parte sua vinculação a uma inscrição filosófica. Moore (1953, p. 7), em um livro didático de físico-química, observa o seguinte:

diz-se que as experiências realizadas sobre um sistema medem suas propriedades, que são os atributos que permitem descrevê-lo de modo completo. Esta descrição completa define o chamado estado do sistema. Aqui entra a ideia da predição. Espera-se, uma vez medidas as propriedades de um sistema, ter a capacidade de predizer o comportamento de um segundo sistema que tenha o mesmo conjunto de propriedades já conhecidas pelo comportamento original. Isto é possível, em geral, quando o sistema atingiu um estado dito de equilíbrio, quando o sistema não revela nenhuma tendência a mudar suas variáveis ou suas propriedades. (grifo nosso).

Parece sensato que os conceitos destacados deveriam ser discutidos e mais bem entendidos. Deveríamos nos perguntar quais tipos de conceitos a química trabalha; qual a sua natureza; como são construídos; quais os princípios classificatórios da química e como podem ser relacionados com a evolução cognitiva da química; como podem ser ensinados.

Tabela periódica: um ícone científico de classificação

A tabela periódica é de longe o maior ícone de cientificidade da química. O maior exemplo de classificação natural da ciência. Paradoxalmente, quando analisamos a sua pedagogia identificamos um tema pobremente problematizado. Quando analisamos esse problema na dimensão pedagógica, filosófica e histórica, identificamos um problema central na química, tanto no ensino como na pesquisa, que precisa ser analisado: existe um grande dissenso sobre essa temática. Apesar de existirem mais de 1000 tipos de tabelas periódicas propostas, de um processo histórico extremamente rico e diverso, o seu ensino dogmatiza ao mostrar e selecionar como tabela padrão o modelo de Mendeleiev. Qual a razão desse problema? Quais os prejuízos de sua manutenção, e como superar? Essa é a razão desse trabalho.

Ferramenta de uso cotidiano dos profissionais da química, a tabela periódica apresenta diversas informações sobre as propriedades dos elementos. Criada na segunda metade do século XIX, mesmo período em que os químicos lutavam por seu lugar na ciência. A primeira classificação para os elementos químicos foi proposta por Dimitri Mendeleiev, outras tentativas de classificação precedentes a de Mendeleiev foram às de Döbereiner (lei das tríades), Newlands (lei das oitavas) e Meyer que apresentou uma classificação semelhante à de Mendeleiev, entre outras. As classificações sustentam uma visão pluralista da química e da ciência.

Modelos de tabela periódica

Nos livros de química tanto do ensino médio quanto do ensino superior a tabela periódica era mostrada em seu modelo padrão estabelecido pela IUPAC mesmo apresentando diversos modelos, que ainda são desconhecidos por grande parte dos estudantes de química. O site Metasyntheses apresenta mais de mil tipos diferentes de tabelas periódicas, para conferir basta acessar o link: <http://www.meta->

synthesis.com/webbook. Os modelos discutidos nesse artigo mostram as diferentes classificações que seus criadores propuseram.

A classificação periódica de Mendeleiev, que é considerado o pai da Tabela Periódica. Mendeleiev apresentou para a comunidade científica, as correlações entre a massa atômica e as propriedades dos elementos de forma mais detalhada.

T a b e l e I I.

Reihen	Gruppe I. R ⁰	Gruppe II. R ⁰	Gruppe III. R ⁰	Gruppe IV. R ⁰	Gruppe V. R ⁰	Gruppe VI. R ⁰	Gruppe VII. R ⁰	Gruppe VIII. R ⁰
1	H = 1							
2	Li = 7	Be = 9,4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
3	Na = 23	Mg = 24	Al = 27,3	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35,5	
4	K = 39	Ca = 40	— = 44	Ti = 48	V = 51	Cr = 52	Mn = 55	Fe = 56, Co = 59, Ni = 59, Cu = 63.
5	(Cu = 63)	Zn = 65	— = 68	— = 72	As = 75	Se = 78	Br = 80	
6	Rb = 85	Sr = 87	?Yt = 88	Zr = 90	Nb = 94	Mo = 96	— = 100	Ku = 104, Rh = 104, Pd = 106, Ag = 108.
7	(Ag = 108)	Cd = 112	In = 113	Su = 118	Sb = 122	Te = 125	J = 127	
8	Cs = 133	Ba = 137	?Di = 138	?Co = 140	—	—	—	—
9	(—)	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	?Er = 178	?La = 180	Ta = 182	W = 184	—	Os = 195, Ir = 197, Pt = 198, Au = 199.
11	(Au = 199)	Hg = 200	Tl = 204	Pb = 207	Bi = 208	—	—	—
12	—	—	—	Th = 231	—	U = 240	—	—

Figura 1: A segunda tabela de Mendeleiev

As tríades de Döbereiner que eram caracterizadas pelas propriedades semelhantes de seus componentes e o fato do peso atômico do elemento central ser aproximadamente igual à média daqueles dos extremos.

Atomic Mass (1850)		Atomic Number	
Li 7	} → $\frac{7 + 39}{2} = 23$	Li 3	} → $\frac{3 + 19}{2} = 11$
Na 23		Na 11	
K 39		K 19	
Ca 40	} → $\frac{40 + 137}{2} = 88.5$	Ca 20	} → $\frac{20 + 56}{2} = 38$
Sr 87		Sr 38	
Ba 137		Ba 56	
P 31	} → $\frac{31 + 122}{2} = 76.5$	P 15	} → $\frac{15 + 51}{2} = 33$
As 75		As 33	
Sb 122		Sb 51	
S 32	} → $\frac{32 + 128}{2} = 80$	S 16	} → $\frac{16 + 52}{2} = 34$
Se 78		Se 34	
Te 128		Te 52	
Cl 35.5	} → $\frac{35.5 + 127}{2} = 81.25$	Cl 17	} → $\frac{17 + 53}{2} = 35$
Br 80		Br 35	
I 127		I 53	

Figura 2: Tríades de Döbereiner

A lei das oitavas de Newlands tinha 11 grupos, onde os pesos atômicos de muitos pares de elementos com propriedades análogas eram múltiplos de 8. Em termos gerais, estabelecia que as substâncias simples exibiam propriedades análogas e considerando uma dada substância, essa propriedade repetia-se na oitava substância seguinte em ordem crescente dos pesos atômicos.

No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.
H 1	F 8	Cl 15	Co & Ni 22	Br 29	Pd 36	I 42	Pt & Ir 50
Li 2	Na 9	K 16	Cu 23	Rb 30	Ag 37	Cs 44	Os 51
G 3	Mg 10	Ca 17	Zn 24	Sr 31	Cd 38	Ba & V 45	Hg 52
Bo 4	Al 11	Cr 19	Y 25	Ce & La 33	U 40	Ta 46	Tl 53
C 5	Si 12	Ti 18	In 26	Zr 32	Sn 39	W 47	Pb 54
N 6	P 13	Mn 20	As 27	Di & Mo 34	Sb 41	Nb 48	Bi 55
O 7	S 14	Fe 21	Se 28	Ro & Ru 35	Te 43	Au 49	Th 56

Figura 3: As oitavas de Newlands

A classificação periódica proposta por Meyer em 1868 apresenta 53 elementos químicos organizados em 15 colunas, onde Meyer tratou a periodicidade em termos de propriedades físicas.

MEYER'S TABLE OF 1868.

1	2	3	4	5	6	7	8
Cr=52.6	Mn=55.1 49.2 Ru=104.3 92.8=2.46.4 Pt=197.1	Al=27.3 #1=14.8 Fe=56.0 48.9 Rh=103.4 92.8=2.46.4 Ir=197.1	Al=27.3 Co=58.7 47.8 Pd=106.0 93=2.465 Os=199.	Ni=58.7	Cu=63.5 44.4 Ag=107.9 88.8=2.44.4 Au=196.7	Zn=65.0 46.9 Cd=111.9 88.3=2.44.5 Hg=200.2	C=12.00 16.5 Si=28.5 #2=1=44.5 #3=1=44.5 Sn=117.6 89.4=2.41.7 Pb=207.0
9	10	11	12	13	14	15	
N=14.4 16.96 P=31.0 44.0 As=75.0 45.6 Sb=120.6 87.4=2.43.7 Bi=208.0	O=16.00 16.07 S=32.07 46.7 Se=78.8 49.5 Te=128.3	F=19.0 16.46 Cl=35.46 44.5 Br=79.9 46.8 I=126.8	Li=7.03 16.02 Na=23.05 16.08 K=39.13 46.3 Rb=85.4 47.6 Cs=133.0 71=2.35.5 Te=204.0	Be=9.3 14.7 Mg=24.0 16.0 Ca=40.0 47.6 Sr=87.6 49.5 Ba=137.1	Ti=48 42.0 Zr=90.0 47.6 Ta=137.6	Mo=92.0 45.0 Vd=137.0 47.0 W=184.0	

Figura 4: A classificação de Meyer

A tabela periódica no ensino de química

A investigação histórica do desenvolvimento da ciência é extremamente necessária a fim de que os princípios que guarda como tesouros não se tornem um sistema de preceitos apenas parcialmente compreendidos ou, o que é pior, um sistema de pré-conceitos. A investigação histórica não somente promove a compreensão daquilo que existe agora, mas também nos apresenta novas possibilidades. (Mach, 1883/1960, p. 316).

Em um momento de curiosidade, busquei em livros de química do ensino médio de novas edições, e em dois livros de editoras diferentes observei que além do modelo atual, eles mostravam as tríades de Döbereiner, a lei das oitavas de Newlands e a tabela proposta por Meyer.

A tabela periódica na filosofia da química

O tema mais estudado na revista *Foundations of Chemistry*, relacionado a esse campo, foi o sistema periódico. Esse tema tem ganhado um corpo de problematizações e uma certa autonomia. Isso pode ser evidenciado pela literatura específica já produzida (SCERRI, 2007) e pela realização de três congressos específicos sobre essa temática.

A terceira conferência sobre a tabela periódica⁵⁸ ocorreu nos dias 14-16/08/2012, em Cusco, Peru, sob responsabilidade de Julio Gutierrez. Os organizadores comentam que —surpreendentemente houve poucas conferências internacionais sobre o ícone central da química e, de fato, um dos ícones mais centrais de toda a ciência - a Tabela Periódica. A primeira foi realizada em 1969 no Vaticano como uma celebração do 100º aniversário da primeira tabela periódica de Mendeleiev. Entre os participantes estavam nomes como o físico John Wheeler. Os trabalhos foram publicados, Verde (ed.), *Atti del Convegno Mendeleeviano*, Accademia delle Scienze di Torino, Accademia Nazionale dei Lincei, Torino - Roma, 15-21 Settembre, 1969, Torino, Bona Vincenzo, 1971. A segunda foi realizada em Banff, no Canadá, em 2003. Os trabalhos foram publicados em dois livros editados por Rouvray e King. *A Tabela Periódica: no século 21*, Pesquisa Estudos Press, Baldock, Inglaterra, 2004 e *A Matemática da Tabela Periódica*, Nova Science Publishers, New York, 2006. Os últimos anos têm visto um renascimento do interesse na Tabela Periódica, na academia, bem como a nível popular. Novos livros acadêmicos e edições especiais têm aparecido sobre o assunto, bem como os livros altamente populares por Sam Kean e Hugh Aldersey-Williams. Muitos sites oferecem formas alternativas de tabela periódica. A aplicação i-Pad com os elementos da tabela periódica tem sido um grande sucesso. O momento é propício para uma nova reunião para reunir acadêmicos e educadores para discutir todos os aspectos da Tabela Periódica.

O encontro em Cusco, no Peru, foi a terceira reunião. A conferência foi em honra à memória do Dr. Oswaldo Baca Mendoza (Cusco, 1908-1962), autor de um notável estudo e interpretação matemática do Sistema Periódico (1953). Na programação do evento⁵⁹, constam o tema da fundamentação matemática, a importância dessa temática como nuclear em química e relações com a educação.

As classificações, apesar de constituírem um tema central na química, não foram objeto de um debate explícito e aparecem em apenas dois artigos. Em um deles, Simonian (2005) discute sobre os paradoxos das classificações químicas ao considerar que identidades como *água é H₂O* e *água é gelo* geram dificuldade ao sistema de classificação química. Essa polissemia das identidades químicas foi um tema especialmente trabalhado por Earley (2003,2005). Em outro artigo, *The View of Chemistry as classification* (LEFREVE, 2011), o tema da classificação é explícito. Lefreve defende que a forma de ver a química por seu sistema de classificação é uma das lentes da química.

Conclusão

Identificamos nesse trabalho que as classificações é lugar comum na química. Podemos até dizer que a química é uma ciência das classificações. A tabela periódica é o ícone da classificação natural da ciência e maior exemplo das classificações em Química. Se as classificações são centrais na química e no ensino, também é evidente a falta de reflexão mais informada sobre a mesma. Compreender as classificações como centrais na química é entender que precisamos de uma filosofia pragmática e pluralista na química. De outra parte identificamos que o ensino da tabela periódica mostra uma dimensão dogmática.

Uma evidência do dogmatismo presente é referente ao ensino da tabela periódica. Com mais de 1000 tipos e modelos diferentes, o ensino da tabela periódica prioriza, de forma dogmática, o ensino de apenas um modelo. Não se prioriza o aprendizado de critérios de classificação. Não se treina a habilidade e a competência em classificar.

Propomos como intervenção para melhorar o ensino das classificações o ensino explícito de critérios de classificações ao longo da história. Identificamos alguns critérios como a composição e a estrutura. Na tabela periódica identificamos muitos critérios como o peso atômico, número atômico, eletronegatividade, tríades, etc... Nossa principal hipótese é que o ensino explícito do critério é tão importante quanto ensinar a classificação em si.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACHELARD, G. (2009). **O pluralismo coerente da química moderna**. Rio de Janeiro: Contraponto

BENT, H. A.; BENT, B. E. (1987). Descriptive chemistry. **J. Chem. Educ.**, Washington, v.64, n.3, p.249.

BERNAL, A.; DAZA, E. E. (2010). On the epistemological and ontological status of chemical relations. **HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry**, Berlin, v.2, n.2.

CHAMIZO J. A. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. **Eureka, Revista de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, Cádiz, v. 7, p.26-41

DUPRÉ, J. 1981. Natural kinds and biological taxa. **The Philosophical Review**, Stanford, p.66-90.

_____. 1993. **The disorder of things**: metaphysical Foundations for the disunity of science. Cambridge: Harvard University Press.

EARLEY, J. (2003). Chemical Explanation: Characteristics, Development, Autonomy. In: NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES. **Annals.....** New York Academy of Sciences, 2003.

_____. (2005). Why there is no salt in the sea. **Foundations of Chemistry**. New York, v.7, n.1, p.85–102.

GOODWIN, W. M. (2008). Structural formulas and explanation in organic chemistry. **Foundations of Chemistry**. New York, v.10, n.2.

HJØRLAND, B. (2011). The periodic table and the philosophy of classification. **Knowl. Org.** [S.l.], v.8, n.1.

HOUTEN, J. V. (2009). Jeopardy in the Inorganic Classroom - Teaching Descriptive Chemistry Using a Television Game Show Format. In: GUPTA-BHOWON, Minu et al. **Chemistry Education in the ICT Age**. Springer, p.11-17.

MOORE, F. J. (1953). **História de la Química**. Rio de Janeiro, Salvat.

LAMŽA, L. (2010). How much history can chemistry take? **HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry**, Berlin, v.16, n.2, p.104-120.

LEFÉVRE, W. (2011). Viewing chemistry through its ways of classifying. **Foundations of Chemistry**. New York, v.13, n.3.

PEIRCE, C. S. (2005). **Semiótica**. 3.ed. São Paulo: Perspectiva.

POMBO, O. (2006). **Unidade da ciência**: Programas, figuras e metáforas. Lisboa: Duarte Reis.

SCERRI, E. (2007). **The Periodic Table**: Its Story and Its Significance. New York: Oxford University Press.

SCHUMMER, J. (1998). The chemical core of Chemistry: A conceptual approach. **HYLE, International Journal for Philosophy of Chemistry**, v.4, n.1, p.129–162.

SIMONIAN, J. (2005). The Paradoxes of Chemical Classification: Why 'water is H₂O' is Not an Identity Statement. **Foundations of Chemistry**. New York, v.7, n.1, p.49-56.

STEWART, P. (2005). A New Image of the Periodic Table. **Education in Chemistry**, [S.l], v.6, p. 156-158.

TABER, K. (2001). Building the structural concepts of Chemistry: Some considerations from educational research. **Chemistry education**: research and practice in Europe,[S.l], v.2, n.2, p.123-158.

http://www.meta-synthesis.com/webbook/35_pt/pt_database.php. Acesso em 15/04/2016