



LEI PERIÓDICA, ELEMENTOS QUÍMICOS E DESCOBERTAS CIENTÍFICAS: PONDERAÇÕES A PARTIR DE NORWOOD HANSON E THOMAS KUHN

ARTIGO

Cristina Spolti Lorenzetti¹

<https://orcid.org/0000-0001-9037-189X>

Anabel Cardoso Raicik¹

<https://orcid.org/0000-0001-6674-8466>

Luiz O. Q. Peduzzi¹

<https://orcid.org/0000-0002-1113-4704>

RESUMO:

A temática em torno de descobertas científicas é bastante negligenciada no âmbito de e sobre ciências, principalmente no que concerne em compreendê-la histórica e epistemologicamente. Inclusive, muitas vezes, descobertas são tratadas como uma simples informação de datas, locais e pessoas. Este trabalho apresenta algumas discussões centradas em episódios históricos ligados a elementos químicos e à Lei periódica, a partir de ponderações de Thomas Kuhn e Norwood Hanson, visando evidenciar e contextualizar a estrutura conceitual e epistemológica de certas descobertas científicas. Dessa forma, resgatam-se questões acerca da inseparabilidade dos contextos da descoberta e da justificativa, as complexas estruturas intrínsecas à gênese do conhecimento científico e distintos tipos e categorias de descobertas na ciência.

Palavras-chave:

Descoberta científica;
História e Filosofia
da Ciência;
Elemento químico.

LA LEY PERIÓDICA, ELEMENTOS QUÍMICOS Y DESCUBRIMIENTOS CIENTÍFICOS: REFLEXIONES BASADAS EN NORWOOD HANSON E THOMAS KUHN

RESUMEN:

The theme surrounding scientific discoveries is quite neglected in and about the sciences, especially in terms of understanding it historically and epistemologically. In fact, many times, discoveries are treated as simple information about dates, places and people. This work presents some discussions centered on historical episodes related to chemical elements and the Periodic Law, based on reflections by Thomas Kuhn and Norwood Hanson, aiming to highlight and contextualize the conceptual and epistemological structure of certain scientific discoveries. In this way, issues related to the inseparability of the contexts of discovery and justification are recovered, as well as the complex intrinsic structures of the genesis of scientific knowledge and distinct types and categories of discoveries in science.

Palabras clave:

Descubrimiento
científico; Historia y
Filosofía de la Ciencia;
Elemento químico.

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Florianópolis, SC, Brasil.

PERIODIC LAW, CHEMICAL ELEMENTS AND SCIENTIFIC DISCOVERIES: CONSIDERATIONS FROM NORWOOD HANSON AND THOMAS KUHN

ABSTRACT:

The theme surrounding scientific discoveries is quite neglected in and about the sciences, especially in terms of understanding it historically and epistemologically. In fact, many times, discoveries are treated as simple information about dates, places and people. This work presents some discussions centered on historical episodes related to chemical elements and the Periodic Law, based on reflections by Thomas Kuhn and Norwood Hanson, aiming to highlight and contextualize the conceptual and epistemological structure of certain scientific discoveries. In this way, issues related to the inseparability of the contexts of discovery and justification are recovered, as well as the complex intrinsic structures of the genesis of scientific knowledge and distinct types and categories of discoveries in science.

Keywords:

Scientific discovery;
History and Philosophy
of Science;
Chemical element.

INTRODUÇÃO

“Como se dão os processos de descobertas científicas?” essa é uma das tantas perguntas complexas que a ciência carrega; que pode ser refletida e ponderada por diferentes perspectivas. A palavra descoberta não é de uso exclusivo de cientistas, historiadores e filósofos da ciência. Seu uso corriqueiro e descuidado, em geral, em livros didáticos, manuais científicos, materiais paradidáticos e de divulgação científica, conduzem a uma concepção inadequada acerca do desenvolvimento científico e, conseqüentemente, levam a uma distorção da própria natureza da ciência (Forato, Pietrocola, Martins, 2011; Gil Perez *et al.*, 2001; Kuhn, 2018; Raicik, Peduzzi, 2016).

No ensino e na socialização da ciência, é comum que se encontre episódios históricos sendo sintetizados, de forma descontextualizada, a partir da narrativa de “grandes descobertas”; sem que se pondere, conceitual e epistemologicamente, o que venha a ser, e o que carrega, o termo em si. É possível citar casos clássicos como a “descoberta da gravitação universal” por Isaac Newton (1643-1727), a partir da suposta queda de uma maçã em sua cabeça, ou a “descoberta da independência da massa dos corpos”, creditada a Galileu Galilei (1564-1672), que teria chegado a isso soltando objetos da Torre de Pisa (Martins, 2006; Silveira; Peduzzi, 2006).

Outros exemplos, talvez um pouco menos conhecidos, mas que da mesma forma apresentam uma simplificação grosseira, encontram-se na “descoberta da relação entre o magnetismo e a eletricidade” e na “descoberta da Tabela Periódica”. A primeira refere-se a Hans Oersted (1777-1851) ao observar, de forma (“completamente”) inesperada e acidental, a deflexão da agulha de uma bússola por um fio portador de corrente elétrica. A segunda, encontra-se vinculada ao “Sonho de Mendeleev” que, de acordo com algumas narrativas, acontece quando o químico russo Dmitri I. Mendeleev (1834-1907) sonha com toda uma estrutura de organização dos elementos químicos e, registrando-a em um papel, “descobre” a primeira Tabela Periódica.

Devido à ênfase em produtos da ciência, e não ao seu desenvolvimento, comum que o termo descoberta seja utilizado, como sinônimo de uma mera observação, um *insight*, um palpite, uma intuição; sem que tenha uma estrutura relevante. Contudo, o processo de uma descoberta científica não é tão simples, rápido e isolado como essas passagens costumam expor. Ao entrar em contato com “histórias” como as citadas, tem-se a impressão de que perguntas como “quem descobriu?”, “quando?” e “onde?” podem ser respondidas com certa facilidade e precisão. Reconstruções que incorrem em *whiggismos* e pseudo-histórias deixam de evidenciar que descobertas científicas possuem uma estrutura epistemológica e conceitual (Allchin, 2004; Hanson, 1967; Kuhn, 2018).¹

No âmbito do positivismo lógico, a negligência ao processo de construção de conhecimento, em favor de seus resultados, tornava irrelevante preocupações sobre como, efetivamente, descobertas são realizadas. Em *Experiência e Predição* (1938), Hans Reichenbach explicita os termos contextos da descoberta e da justificativa, no âmbito de uma visão filosófica corrente no início do século passado. O contexto da descoberta corresponderia ao desenvolvimento de um conhecimento científico; relacionado, principalmente, com as origens psicológicas, subjetivas. Enquanto que a justificação seria uma espécie de estruturação lógica, havendo uma reconstrução racional do conhecimento.

Isto é, segundo Reichenbach (1938), e os defensores dessa dicotomia, os filósofos da ciência deveriam se ocupar apenas com o momento da justificativa, já que esse estaria envolto por procedimentos reconstruídos logicamente, isentos de idiosincrasias; eles deveriam analisar os produtos da ciência que, por suas características, seriam passíveis de investigação filosófica. Já o contexto da descoberta estaria envolto por toda a sorte de subjetividades e, por isso, seria substrato apenas para as pesquisas de ciências cognitivas e descritivas, como a história da ciência, a sociologia e a psicologia. Em outras palavras, essa distinção entre os contextos fundamentava e legitimava a filosofia da ciência como um campo autônomo em relação a outras áreas do conhecimento (Raicik; Peduzzi, 2015).

Ademais, para os adeptos dessa vertente filosófica havia e deveria haver (idealmente) uma separação temporal entre a descoberta e a justificação, fazendo delas eventos distintos; uma diferenciação entre um processo por trás de uma descoberta e seu método de justificação, isto é, apenas esse último carregaria regras passíveis de análises lógicas (Hoynigen-Huene, 2006). Em síntese:

a filosofia da ciência, na contemporaneidade de Reichenbach, imersa no empirismo lógico, não visava trabalhar e analisar os processos da pesquisa científica. O essencial pautava-se nos resultados científicos; as ‘descobertas’ (como produto) realizadas, as teorias elaboradas, os métodos (lógicos) utilizados e a justificação empírica que derivam da teoria (Raicik; Peduzzi, 2015, p. 139).

Não obstante, o século XX foi marcado por importantes mudanças no campo epistemológico (mas não somente) das ciências, com as investigações de Gaston Bachelard, Karl Popper, Ludwik Fleck, Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Michael Polanyi, Paul Feyerabend, Norwood Hanson, Larry Laudan, além de tantos outros. Esses filósofos realizaram reflexões *sobre* ciência, abordando aspectos históricos, culturais, filosóficos, conceituais, enfim, explorando fatores que influenciam direta ou indiretamente o empreendimento científico. Muitos deles, expressivamente Kuhn, buscaram evidenciar, sobretudo recorrendo à história da ciência, a incoerência de separar os contextos de descoberta e justificativa. Quando a ciência passou a ser observada a partir da humanidade que lhe é inerente e de sua efetiva prática (histórica, cultural, social) — tomando isso como uma parte de sua natureza e não como um defeito — reconheceu-se que elementos de racionalidade estão presentes nos processos de descoberta científica; assim como fatores sociológicos e psicológicos são constituintes do contexto da justificativa (Hanson, 1967; Raicik; Peduzzi, 2015).

O contemporâneo filósofo da ciência Paul Hoynigen-Huene (2006) sintetiza cinco alegações que sustentam e fundamentam críticas à dicotomização: (i) o contexto da descoberta e o contexto da justificativa são processos temporalmente indistintos; (ii) o contexto da descoberta possui aspectos lógicos; (iii) o contexto da descoberta e o contexto da justificativa são ambíguos, “uma vez que descobrir algo significa adquirir conhecimento e, conseqüentemente, justificar (implícita ou explicitamente) essa nova aquisição, a distinção entre os contextos adquire peculiaridade dúbia” (Raicik; Peduzzi, 2015, p. 139); (iv) a justificativa possui aspectos sociológicos e psicológicos; (v) a psicologia e outras disciplinas empíricas são relevantes à epistemologia.

Ao não se analisar as descobertas científicas em uma perspectiva histórico-filosófica, desconsiderando sua estrutura conceitual, e dicotomizando os contextos da descoberta e da justificativa, cria-se uma visão inadequada da própria natureza da ciência. Isto é, idealiza-se o funcionamento do empreendimento científico a partir de narrativas que não condizem com a prática científica. É certo que “a lógica envolvida em uma

descoberta científica não reúne consenso” (Peduzzi; Raicik, 2020, p. 45), mas se a estrutura das descobertas não for estudada, tampouco se terá algum conceito sobre ela para se discutir.

Em uma de suas tantas provocações em *A Estrutura das Revoluções Científicas*, Kuhn conduz o leitor a pensar que a distinção dos contextos da descoberta e da justificativa se origina na própria tradição de pesquisa filosófica que possui forte raiz no positivismo/empirismo lógico. Assim, a separação dos contextos surge não porque eles eram de fato coisas diferentes – algo que uma “nova” perspectiva filosófica desde meados do século passado tem mostrado ser insustentável, sobretudo quando se recorre à história da ciência — mas em razão de perspectivas filosóficas de quem ponderava sobre a ciência. Tanto na *Estrutura* quanto, e principalmente, na *Tensão Essencial*, Kuhn defende que a ciência é um processo complexo, que mescla elementos sociológicos, valores epistêmicos e não epistêmicos de sujeitos e de uma comunidade, argumentando que a própria descoberta de algo possui uma estrutura, uma história e envolve reconhecer tanto que algo ocorre quanto o que ele é (Kuhn, 2011; 2018).

Em consonância com a alegação de que a dicotomização dos contextos da descoberta e da justificativa dificulta a compreensão do processo de construção do conhecimento, encontra-se o filósofo Norwood Hanson. Ele notabiliza uma estrutura conceitual e epistemológica das descobertas, fazendo emergir a complexidade e a riqueza de eventos presentes nesses episódios. Em *An Anatomy of Discovery* (1967), Hanson desenvolve e exemplifica tipos e categorias de descobertas, destacando a importância do contexto em que os eventos acontecem e das práticas envolvidas, para que se possa estabelecer uma compreensão mais ampla desse processo.

Aliás, diversos estudos contemporâneos se debruçam em refletir e discutir o papel epistêmico das descobertas científicas, sobretudo com análises e exemplificações históricas. Naum Kipnis (2005), a título de exemplo, analisa a possível descoberta acidental de Oersted. Em seu resgate histórico-epistemológico, ele explora o papel do acaso em um processo de descoberta e, para destacar a serendipidade no desenvolvimento da ciência, apresenta diferenças entre uma descoberta inesperada, irregular, não planejada e imprevista. Helge Kragh (2019), em seu trabalho intitulado *Controversial Elements: Priority Disputes and the Discovery of Chemical Elements*, ao fazer uma discussão sobre descobertas que possuem aspectos controversos, faz massivas reflexões filosóficas, especificamente atreladas a exemplos da história da ciência.

Por certo, o entendimento de uma descoberta científica demanda, cada vez mais, uma investigação vinculada entre a história e a filosofia da ciência; inclusive com implicações ao ensino de ciências (Cordeiro; Peduzzi, 2010; Martins, 1990; Neves *et al.*, 2021; Pires; Peduzzi, 2022; Raicik; Peduzzi, 2016; Raicik, 2019). Afinal, no âmbito educacional, a separação entre os contextos e a inexistência de reflexões acerca da estrutura de uma descoberta, acaba negligenciando uma análise da gênese do conhecimento, em favor de uma sequência lógica e cronológica de teorias, infelizmente.

À luz do exposto, este trabalho aborda questões relacionadas às estruturas conceitual e epistemológica de descobertas científicas a partir de considerações de Hanson e Kuhn. Busca-se evidenciar, ainda que de forma sucinta, a complexidade envolvida nesse contexto e, inevitavelmente, a impossibilidade de sua dicotomização com a justificativa, ressaltando a sua não pontualidade no espaço e no tempo. Ademais, a fim de contribuir para propiciar discussões à educação científica, são apresentados breves exemplos de descobertas que visam contrapor uma visão equivocada de que elas ocorrem a partir de um mero lampejo da mente, de um sonho, de um *insight*. À vista disso, por entre exemplos que perpassam a física e a química, em particular, centra-se naqueles relativos à lei periódica e à descoberta de alguns elementos químicos.

THOMAS KUHN E A INSEPARABILIDADE DO CONTEXTO DA DESCOBERTA E DA JUSTIFICATIVA: UMA ESTRUTURA PARA DESCOBERTAS CIENTÍFICAS

Na primeira metade do século XX, no âmbito da tradição de pesquisa da filosofia da ciência, era hegemônica a ideia de que os contextos da descoberta e da justificativa eram (e deveriam ser) processos distintos. Até mesmo teóricos que teciam críticas ao empirismo/positivismo lógico, como Popper, defendiam essa separação. Kuhn foi um dos primeiros a chamar a atenção tanto para as simplificações descuidadas que eram feitas aos episódios de descoberta em ocasiões em que essa dicotomização era realizada, quanto ao hiato existente a esses contextos quando se suprimia uma análise filosófica (Hoynigen-Huene, 2006).

De forma significativa, as colocações kuhnianas centram-se naqueles períodos de escolha teórica na ciência. Para ele, os pontos que sustentam a argumentação em favor da dicotomização tornam-se inválidos quando, em uma análise minuciosa, percebe-se que o próprio contexto da justificação faz parte do processo de descoberta. Isso, pois fatores cognitivos e valores epistêmicos são elementos centrais para a justificação; segundo a “separação padrão” desses contextos, aspectos psicológicos (cognitivos) e subjetivos (valorativos) fariam parte exclusivamente da descoberta.

Kuhn defende que tanto fatores idiossincráticos possuem relevância filosófica, em momentos de escolha teórica, quanto critérios compartilhados. Mesmo que as escolhas de teorias sejam influenciadas por valores, e seus juízos, elas fazem parte da própria prática da ciência, e precisam assim ser analisadas. Essas escolhas envolvem finalidades cognitivas do próprio empreendimento científico e valores epistêmicos (e não epistêmicos) que são cultivados, também e inclusive, pela comunidade científica. Em síntese, Kuhn:

aponta que os argumentos ditos ‘lógicos’ ou ‘justificáveis’ não podem ser considerados mais relevantes e incomparáveis aos condicionamentos psicológicos e sociológicos, declarados como pertencentes ao contexto da descoberta – que são tão importantes e constituintes da atividade científica quanto os primeiros. É, de fato, um conjunto de valores existentes na ciência, epistêmicos ou não, que fornece a base partilhada para a escolha de teorias (Raicik; Angotti, 2018, p. 145).

Tanto na *Estrutura* quanto na *Tensão*, obras supracitadas, Kuhn apresenta capítulos específicos dedicados às descobertas, respectivamente intitulados *A Anomalia e a Emergência das Descobertas Científicas* (Kuhn, 2018) e *A estrutura histórica da descoberta científica* (Kuhn, 2011). Ele pondera, nesses escritos, sobre os cenários favoráveis para a ocorrência de descobertas, as reações dos cientistas diante de anomalias encontradas e discute, a partir de exemplos históricos, noções comuns e inadequadas de natureza da ciência que surgem junto a narrativas sobre elas.

O filósofo se detém em analisar e refletir, em particular, sobre aquelas descobertas que não são previstas pelas teorias aceitas, seja em situações fenomenológicas ou instrumentais, embora suas considerações não se restrinjam a elas. A fim de contrapor a ideia de que uma mera observação possa caracterizar uma descoberta, ele enfatiza que “uma descoberta começa com a consciência de uma anomalia” (Kuhn, 2018, p. 128). Isto é, o cientista imerso em um período de ciência normal, por exemplo, não somente vê (tem os sentidos sensoriais ativados pelo experimento/fenômeno), mas toma conhecimento da anomalia que está ocorrendo e de sua natureza; de algo que não acontece como o esperado e do porquê disso. Dessa maneira, é de se esperar que o processo de descoberta se prolongue no espaço e no tempo.

É importante salientar que esse é justamente um dos motivos pelos quais se torna tão difícil determinar respostas específicas e pontuais, quando se pergunta “quem? quando? onde?” se descobriu alguma coisa. Como bem ilustra Kuhn, “a descoberta de um novo tipo de fenômeno é necessariamente um acontecimento complexo, que envolve o reconhecimento tanto da existência de algo, como de sua natureza” (Kuhn, 2018, p. 131). Alguns exemplos clássicos podem ajudar a ilustrar essa amplitude espaço-temporal (epistêmica e conceitual) de descobertas e questionar compreensões disseminadas em manuais científicos, livros didáticos e na própria divulgação da ciência.

A descoberta do oxigênio, discutida por Kuhn, é um exemplo. Essa história conta com pelo menos três “descobridores”, em contextos de pesquisa diferentes. São eles: Carl Scheele (1742-1786), Joseph Priestley (1733-1804) e Antoine Lavoisier (1743-1794). Relatos e descrições de experimentos sugerem que Scheele foi o primeiro a obter uma amostra do que foi posteriormente chamado de oxigênio. A partir de alguns experimentos, ele conseguiu isolar um gás, que denominou ar de fogo. Caso o critério para a descoberta desse gás fosse uma certa amostra dele, aquele que primeiro o tivesse aprisionado teria sido então o autor de sua descoberta. Não obstante, uma descoberta possui uma estrutura conceitual. Faz-se necessário discorrer sobre sua natureza e, além disso, comunicá-la a comunidade. Importa destacar, nesse sentido, que os estudos de Scheele só vieram à tona após vários anúncios de obtenção de tal gás por outros estudiosos.

Priestley e Lavoisier haviam aderido a visões diferentes para interpretar os fenômenos químicos, que os levou a olhares distintos para os resultados que alcançaram. Os próprios experimentos que desenvolveram para estudar o que hoje chamamos de oxigênio, reforçou as diferentes perspectivas que os dois defendiam. A história das investigações envolvendo o oxigênio — ou ar desflogisticado, como diria Priestley — aconteceram ao longo de três anos, pelo menos (1774-1776). Priestley era um entusiasta dos estudos de ciência natural. Ao longo de sua vida, adquiriu diversos equipamentos que permitiram a ele realizar estudos com diferentes materiais para investigar os “ares” que deles saíam quando aquecidos. Para isso, montou com mercúrio, vidrarias e uma lente, uma cuba pneumática que o possibilitava aprisionar os “ares” para pesquisas mais sistemáticas (Martins, 2009). Já Lavoisier se distinguia dos químicos da época, sobretudo, pela sua metodologia quantitativa e experimental, seu zelo teórico, por suas questões e conjecturas iniciais acerca da formação do ar, pelo uso de instrumentos de precisão.

Em 1774, Priestley aqueceu uma amostra de um precipitado de mercúrio que produzia um certo “ar”. Ao longo de 1774 e 1775, ele continuou repetindo os experimentos e concluiu que o gás produzido era, na verdade, “ar comum”, ou seja, ar atmosférico. Prosseguindo seus estudos, ele chegou a uma nova conclusão: o gás era diferente do “ar comum”; era, em certo sentido, muito mais puro, o que fez com que ele o chamasse de “ar desflogisticado” (Kuhn, 2011). Para chegar a essa conclusão, ele testou diferentes materiais na presença desse “ar”: ao acender uma vela em uma cuba, ele percebeu que ela queimava com muito mais brilho e vivacidade, assim como um camundongo conseguia sobreviver o dobro do tempo em certa quantidade desse “ar” do que no ar atmosférico convencional. Na época, os adeptos do conceito de flogístico defendiam que uma vela queimando em um recipiente era preenchido com ele, e saturando-o fazia com que ela apagasse. No caso priestleyano, como a vela nesse “ar” ficava, de certa forma, acesa por mais tempo, ele concluiu que tinha conseguido produzir um ar sem flogístico, por isso o nome “ar desflogisticado” (MARTINS, 2009). O próprio Priestley testou o “ar” e sentiu uma leveza no peito, uma sensação boa; chegou a sugerir que poderia ser utilizado como recreação entre os mais abastados.

Ao longo desses anos, porém, Priestley não trabalhou sem deixar de dialogar com a comunidade a qual fazia parte; ele interagiu com outros cientistas e publicou trabalhos com seus resultados em periódicos importantes como o *Philosophical Transactions*. Ainda em 1774, em uma viagem até Paris, conversou com Lavoisier e lhe contou sobre o que acontecia quando se aquecia um precipitado de mercúrio. Nesse mesmo ano e no início de 1775, Lavoisier repetiu o experimento de Priestley e concluiu, em um primeiro momento, que o gás deveria ser “ar comum”. Cabe destacar que Lavoisier já vinha desenvolvendo experimentos sobre o papel do ar na calcinação e combustão, desde pelo menos 1772 (Raíck; Gonçalves, 2022). Com a publicação de Priestley sobre o “ar desflogisticado”, Lavoisier reexaminou seus resultados e em 1776 pôde averiguar que o gás produzido era um componente que poderia ser separado do ar atmosférico. Nesse momento, pode-se dizer que Lavoisier não apenas viu um tipo de gás sendo produzido, mas também tomou consciência de sua natureza (Kuhn, 2018). Esse tomar consciência sobre a sua natureza torna-se uma das características daquilo que Kuhn chama de descoberta de algo, nesse caso, o oxigênio. Apesar de Priestley ter um papel importante nesse episódio histórico, “ao que parece, quem descobre algo tem também de estar ciente da descoberta, *assim como saber o que foi descoberto*” (Kuhn, 2011, p. 188, grifo dos autores). Com seus estudos e desenvolvi-

mentos teóricos amparados em diversos experimentos, Lavoisier também conseguiu mostrar que o flogístico não existia, isso porque ele evidenciou que durante as reações químicas a massa dos produtos não se alterava, o contrário do que os defensores dessa corrente teórica argumentavam (Peduzzi, 2019). Isso foi bastante importante, já que mostrava uma outra perspectiva não apenas para o “ar desflogisticado”, como também atacava a própria teoria que era a base de sua explicação.

Por certo, o episódio demanda um resgate pormenorizado para sua plena compreensão, que envolve, inclusive, uma controvérsia por trás de sua descoberta. Mas uma breve menção de sua complexidade, parece suficiente para mostrar, em um primeiro momento, a riqueza de detalhes que podem existir na história e na estrutura de uma descoberta. É possível dizer que tanto Scheele, quanto Priestley e Lavoisier produziram oxigênio em seus laboratórios a partir do aquecimento de um precipitado de mercúrio, assim como tantos outros que o aqueceram e podem nem ter notado a produção de tal gás. Contudo, faz-se necessário analisar o episódio, em termos históricos e epistemológicos, à luz de um referencial conceitual e filosófico acerca da estrutura de uma descoberta. Afinal, como defende Kuhn,

o contexto da justificativa está imerso em aspectos sociológicos e psicológicos. Ele argumenta que esse contexto, assim como o da descoberta, permeia a escolha de teorias pela comunidade. A razão e as circunstâncias que levam a uma determinada escolha variam de uma comunidade científica para outra e depende de cada membro da mesma, que pode interpretar diferentemente determinados valores paradigmáticos (Peduzzi; Raicik, 2020, p. 31)

Destarte, no caso da descoberta do oxigênio, não se pode restringir o episódio a obtenção do gás por Lavoisier e suas publicações sobre isso, assim como não se pode, a partir das reflexões de Kuhn, dizer categoricamente que Scheele o descobriu. Vale destacar que, com o relato dessa descoberta, torna-se possível perceber que aspectos lógicos e subjetivos permeiam todo o episódio, seja nas primeiras ideias surgidas com os resultados experimentais, quer com as publicações de seus resultados; quadros psicológicos, históricos, culturais, sociais, lógicos, racionais, teóricos estavam permeando todo contexto.

Outro episódio histórico que ilustra a complexidade dos processos de uma descoberta científica é aquele que envolve a Tabela Periódica dos Elementos Químicos. Esse caso evidencia também os usos grosseiros do termo *descoberta*, já que em muitos locais se encontra que Mendeleev *descobriu a Tabela Periódica* e não a *Lei Periódica*. A partir do início do século XX, com o crescimento das pesquisas sobre os átomos, estabeleceu-se que o número atômico era um parâmetro melhor que o peso atômico para basear a Lei Periódica (Kaji, 2003). Na medida em que foram sendo estudadas características dos átomos, como o raio atômico, outras relações de periodicidade foram traçadas. A descoberta da Lei Periódica perpassa décadas de estudos de diferentes áreas, sendo enunciada por Mendeleev em 1869, mas estando em constante desenvolvimento. Inclusive, se forem levados em consideração os estudos contemporâneos sobre o elemento químico Oganessônio (que pela ordem dos elementos na Tabela seria um gás nobre, mas que pelas características físico-químicas não se enquadraria no grupo) ainda hoje a Lei Periódica encontra-se em desdobramentos (GARCIA, 2019). As contribuições anteriores a Mendeleev que foram importantes para o estabelecimento dessa Lei, como as sistematizações de Alexandre de Chancourtois com seu Parafuso Telúrico, ou John Newlands com sua Lei das Oitavas, ilustram a riqueza de sua história. Eles e outros estudiosos, porém, não abrangeram integralmente os elementos conhecidos, no âmbito de aceitabilidade da comunidade científica, assim como o químico russo fez (Scerri; Worrall, 2009).²

Mendeleev desenvolveu sua Lei Periódica enquanto escrevia o manual científico sobre química inorgânica, *Principles of Chemistry*, durante a última metade da década de 1860. A motivação para o desenvolvimento de uma Tabela com um código que organizasse os elementos a partir de suas características físico-químicas veio, inclusive, da forma como ele estava organizando seu livro (Brito; Kaji, 2003; Rodriguez; Niaz, 2005). Ele selecionava elementos que possuíam características semelhantes e os explorava juntos em capítulos que abrigavam esses grupos. Contudo, em um dado momento, as combinações já conhecidas de elementos foram exauridas de explicação — assim como leis químicas importantes para a química inorgânica também haviam sido apresentadas — e Mendeleev não sabia como prosseguir seu livro. Foi então que focou seu trabalho em buscar uma rela-

ção generalizadora que apontasse para as características semelhantes dos elementos químicos. Ele considerava o peso atômico (nome típico da época) dos elementos uma importante propriedade quantitativa que possuía relativa precisão experimental, ancorando-se nesse aspecto para pensar uma relação entre eles e suas propriedades. Depois de revisar seus estudos, conseguiu encontrar uma sistematização periódica que atrelava as propriedades físico-químicas dos elementos em função de seu peso atômico (Mendeleev, 1869). Ao desenvolver a Lei Periódica e organizar a Tabela, Mendeleev percebeu que alguns elementos pareciam não se encaixar nas características que deveriam ter de acordo com seus estudos. Por isso, propôs a modificação de alguns pesos atômicos e deixou alguns espaços em branco para elementos que seriam posteriormente descobertos, dos quais descreveu algumas de suas características físico-químicas (Bensaude-Vincent, 1986; Gordin, 2019).

Esse caso da Lei Periódica salienta como os contextos da descoberta e da justificativa são indistintos: a descoberta da Lei por Mendeleev enquanto escrevia um manual e a previsão de novos elementos durante esse processo salientam essa mescla de contextos. Vale destacar também notáveis aspectos considerados subjetivos. Durante seus estudos, Mendeleev chegou a utilizar a estruturação do jogo de cartas *paciência*, que o entretinha nas horas de lazer, para organizar os elementos em sua mesa, anotando-os em cartões e buscando relações entre seus pesos; e a quantificação das relações periódicas, algo ainda não feito da forma como ele fez. O próprio contexto de incentivo à pesquisa e a aceitação da Tabela na Rússia e na Alemanha na época, merece atenção. As comunidades científicas dos dois países, majoritariamente, convergiam no que se refere às concepções de elementos e a pesagem deles, isto é, aceitavam a possibilidade de tratar os elementos atomicamente, o que na época era muito discutido, havendo disputas teóricas entre vários estudiosos. Na França, por exemplo, havia opiniões divergentes em relação aos países citados anteriormente: em geral, defendiam a teoria do equivalente para a pesagem dos elementos. Como no período o instrumental disponível não permitia um auxílio para a escolha entre as teorias, em grande parte, o que influenciava a escolha teórica dos cientistas era, sobejamente, o seu posicionamento filosófico sobre a natureza da matéria (Oki, 2009). Isso deixa evidente que no contexto de justificação também existem aspectos sociais, culturais e idiossincráticos aos pesquisadores, que influenciam na aceitação e escolha de teorias (Raicik; Peduzzi, 2015).

Essa separação dos contextos ao estudar a ciência, explicitada por Reichenbach, como sobredito, e adotada por muitos filósofos da ciência que tinham o positivismo como sua doutrina, deixou por muito tempo as descobertas científicas sem uma análise filosófica; apenas a justificação, o produto final da ciência, seria passível de análise filosófica por estar, idealmente, isenta das subjetividades humanas. Deixar de analisar essa estrutura tão fascinante da ciência negligencia e empobrece sua complexidade, diminui a extensão de sua natureza e lhe nega o caráter humano. Esse último lhe é suprimido tanto quando as subjetividades são entendidas como um fator prejudicial à ciência, como quando se diz que na justificação elas não existem. Uma historiografia contemporânea e atual, e a moderna filosofia da ciência, evidenciam justamente o contrário: as descobertas científicas são passíveis de análises filosóficas e a humanidade inerente à ciência não é uma característica que deve ser eliminada, ela faz parte de sua natureza e não lhe é prejudicial (Hanson, 1967; Kuhn, 2018).

UMA TAXONOMIA DE NORWOOD HANSON PARA AS DESCOBERTAS CIENTÍFICAS

Em seu artigo *An Anatomy of Discovery* (1967), supracitado, Hanson enfatiza consequências em se dicotomizar os contextos da descoberta e da justificativa para um entendimento mais amplo de ciência; e busca refletir sobre as práticas científicas de uma forma menos idealizada, assumindo a natureza humana e peculiar do empreendimento científico. Em associação a essas ponderações, sinaliza o quão prejudicial foi, histórica, social e epistemologicamente, deixar alheio de análises filosóficas o contexto da descoberta para a própria compreensão de sua estrutura conceitual e epistemológica. Ele defende que “um conceito não analisado é um conceito desconhecido” (Hanson, 1967, p. 321) e que, portanto, as descobertas só podem ser mais bem compreendidas quando

submetidas a análises de distintas naturezas. Nesse sentido, destaca que geralmente há uma distorção na conceitualização das descobertas, na ideia de inovação e na noção de criatividade, pela falta de reflexões sobre esses contextos.

Com o propósito de elucidar e refletir acerca de uma estrutura de descobertas científicas, Hanson descreve e exemplifica alguns de seus tipos e categorias. Ele argumenta sobre a importância de um estudo conceitual e epistemológico dos processos de descoberta, enfatizando a relevância de sua análise filosófica. Assim, discorre sobre a descoberta *de um X, de X, daquele X e de X como Y* e também sobre categorias de descoberta *puzzle-out* (descoberta esperada/prevista), *subsume and reticulate* (descoberta generalizadora), *trip-over* (descoberta ao acaso) e *back-into* (descoberta resistiva), a fim de “delinear diversos graus de complexidade conceitual e perplexidade em relação à noção de descoberta” (Hanson, 1967, p. 324). Em cada um desses tópicos, Hanson deslinda sobre características desses tipos e categorias de descoberta e acerca de particularidades que se pode encontrar em cada caso, utilizando para isso exemplos da história da ciência. Ao defender uma análise filosófica para as descobertas, ele não ignora a humanidade inerente às práticas científicas, valorizando diversos traços objetivos e subjetivos que surgem ao apreciar com atenção o empreendimento científico.

Em outras palavras, Hanson defende que a estrutura de uma descoberta pode conter informações importantes para o entendimento da própria ciência. Elementos envolvidos nesse contexto fazem parte das práticas científicas e não os considerar pode acarretar lacunas na história da ciência e na própria compreensão epistemológica desse empreendimento. Nesse ponto, é pertinente destacar como as perspectivas de Kuhn e Hanson podem ser combinatórias no que se refere à ênfase que os dois filósofos da ciência dão à importância em se analisar as descobertas científicas como estruturas e não como simples acontecimentos desprovidos de práticas científicas dignas de análises filosóficas. Assim, discutir os tipos e categorias de descobertas científicas, como os apresentados por Hanson, auxilia na identificação e problematização de suas estruturas, além de proporcionar um fundamento para novas análises histórico-epistemológicas.

O primeiro tipo de descoberta científica abordada por ele é a *descoberta de um X*, aquela referente a um objeto (um planeta, por exemplo),³ um processo (a oxidação rápida) ou um evento (uma colisão). Um exemplo desse tipo de descoberta pode ser encontrado em elementos previstos por Mendeleev durante o desenvolvimento da Tabela Periódica. Três desses elementos, que foram muito importantes para a aceitação da Tabela, na época, foram chamados por ele de *eka-aluminum*, *eka-borium* e *eka-silicon*. O prefixo *eka* quer dizer que eles antecederiam ou sucederiam os elementos que estão sinalizados no nome (o *eka-aluminum*, por exemplo, ocupava a posição imediatamente seguinte ao alumínio). O químico precisou fazer a adição desses elementos para que a Lei Periódica proposta por ele operasse de forma coerente a partir das características físico-químicas dos elementos que já eram conhecidos à época (Bensaude-Vincent, 1986). Alguns anos depois, esses elementos foram estudados por outros investigadores: o *eka-aluminum* foi obtido em 1875 por Paul Émile Lecoq de Boisbaudran e passou a ser conhecido como Gálio; o *eka-borium* foi estudado por Lars-Frederik Nilson em 1879 e hoje é nomeado Escândio; já o *eka-silicon* foi obtido em 1886 pelo químico Clemens Alexander Winkler e recebeu a alcunha de Germânio (Brito; Rodriguez, Niaz, 2005).

Além de se encaixar no tipo *descoberta de um X*, esse exemplo histórico também pode representar a descoberta categorizada hansonianamente como *puzzle-out* (decifrar). Nesse caso, as descobertas são feitas a partir de uma espécie de resolução de quebra-cabeças, isto é, os estudiosos antecipam (no sentido de antever) aquilo que, espera-se, será decifrado; cria-se, portanto, uma expectativa sobre algo. Existe, de antemão, uma expectativa teórica e psicológica do investigador, ou da comunidade, na procura de respostas a uma indagação; como na busca pelos elementos cujas características químicas Mendeleev já havia sugerido.

A *descoberta de X* refere-se a um processo ou um fenômeno que não são locais, isto é, remetem a processos universais e abrangentes. Hanson (1967) cita a Gravitação Universal descoberta por Newton, já que ela é a explicação geral de um fenômeno e a união (diga-se generalização) do entendimento dos eventos mecânicos celestes e terrestres. É possível citar também a Lei Periódica de Mendeleev. Ela não foi um fenômeno local ou um processo específico, mas algo que descreve o comportamento e as características periódicas

dos elementos químicos, de forma geral. Nesse sentido, a Lei Periódica também pode ser utilizada como um exemplo de descoberta categorizada como *subsume and reticulate*, que se relaciona àquelas generalizantes, de modo que fenômenos previamente conhecidos (ou parcialmente conhecidos) são articulados de forma explícita. Em vista disso, Mendeleev conseguiu generalizar quantitativamente a periodicidade das propriedades dos elementos químicos, algo que já estava sendo tentado, mas não da mesma forma e com a mesma abrangência que o químico russo alcançou (Bachelard, 2009).

Cabe destacar que Mendeleev desenvolveu sua Lei Periódica enquanto escrevia o *Principles of Chemistry*, supracitado. O objetivo da escrita estava centrado na atualização dos materiais didáticos para universitários disponíveis na Rússia sobre química inorgânica. Mendeleev escreveu o primeiro volume (compreendido em quatorze capítulos) focando em temas já bem conhecidos pelos químicos da época — como os compostos da água, as Leis de Dalton, Gay-Lussac e Avogadro-Gerhardt e Berthollet, os compostos de nitrogênio e carbono, os agrupamentos de elementos conhecidos etc. Em um dos capítulos, ele discorre sobre átomos e moléculas; um assunto que não reunia consenso, mas estava em intensa discussão naquele período (Mendeléeff, 1891).

Ao final da escrita do volume, e na perspectiva do desenvolvimento de um outro, Mendeleev se deparou com um impasse: ele já havia tratado sobre todos os grupos (ou famílias) de elementos conhecidos na época e não sabia como abordar os elementos que não se encontravam nessas classificações. Seu foco passou a ser desenvolver uma sistematização que abarcasse todos esses elementos. Aqui, torna-se possível retomar a discussão ao tipo de descoberta *de X* e a categoria *subsume and reticulate*. Isso, pois ao buscar uma classificação abrangente para os elementos, Mendeleev não olhou apenas para suas características qualitativas, como fizeram os estudiosos antes dele (Bachelard, 2009), mas visou uma generalização que abarcasse propriedades quantitativas, como o peso atômico dos elementos. Inclusive, no trabalho em que ele apresenta a Lei e a Tabela Periódica à comunidade científica, deixa claro que o parâmetro quantitativo (o peso atômico) era essencial para que abarcasse todos os elementos químicos conhecidos, algo que os parâmetros qualitativos não proporcionavam (Mendeleev, 1869). Pode-se destacar, com isso, que ele tinha consciência dessa generalização, como se buscou frisar na seção anterior à luz de uma perspectiva kuhniana. Com isso, conseguiu descobrir que as propriedades químicas dos elementos eram uma função do seu peso e que elas se repetiam periodicamente. O químico russo, inclusive, defendeu a autoria de sua descoberta, da Lei Periódica, e seu ineditismo ao observar o que chamou de uma *lei da natureza*:

Nem De Chancourtois, a quem os franceses atribuem a prioridade da descoberta da lei periódica, nem Newlands, citado pelos ingleses, ou L. Meyer, considerado pelos alemães o fundador da lei periódica, ousaram prever as propriedades dos corpos ainda não descobertos ou procuraram modificar os pesos atômicos adotados e também consideraram a lei periódica como uma nova lei da matéria, apoiada em bases sólidas e podendo conter fatos ainda não generalizados como eu fiz desde o início (1869) (Mendeléeff, 1891, p. 25, v. 2).

Por certo, o episódio é complexo e as nuances dessa descoberta demandam ou merecem um resgate em particular, para que elementos fascinantes desse caso sejam devidamente explorados. Além das particularidades da história do próprio Mendeleev, existem ainda outros fatores que são centrais para sua compreensão, como as outras sistematizações construídas ao longo da década de 1860, a disputa de prioridade da descoberta entre a Tabela mendeleeviana e a tabela de Meyer, o duplo reconhecimento deles pelas academias de ciência da época, o contexto histórico e cultural russo que demandaram investimentos e incentivos para pesquisa, a pluralidade de espaços que Mendeleev ocupava, enfim, fatores que evidenciam com ainda mais afinco o descobrimento da Lei Periódica e que se mostram parte da própria estrutura de uma descoberta.

Ademais, no processo de descoberta da Lei Periódica e na construção da Tabela Periódica é possível identificar diversos fatores subjetivos e objetivos (psicológicos, racionais da prática científica e idiossincráticos aos pesquisadores) acontecendo em concomitância e sendo indissociáveis uns dos outros.

Descobertas que são muito específicas, ou seja, com traços bem particulares de certos objetos ou processos, podem ser denominadas de *descobertas daquele X*, na perspectiva hansoniana. Nesse caso, é pertinente citar as correções mendeleevianas nos pesos atômicos de alguns elementos químicos. Ao aplicar a sua Lei Periódica aos elementos já conhecidos, Mendeleev percebeu que alguns deles não se enquadravam na sequência determinada pela Lei, não condizendo com as características químicas que deveriam ter. Com isso, ele concluiu que o problema não estava em sua Lei Periódica, mas com os pesos atômicos conhecidos. Para resolver isso, ele determinou que tais elementos possuíam outros pesos atômicos e, assim, seus locais e propriedades físico-químicas ficariam coerentes na Tabela Periódica. Uma das trocas mais conhecidas foi a inversão dos pesos atômicos do Iodo e do Telúrio; dois elementos químicos bem conhecidos na época. Ao longo das décadas que seguiram à publicação da Tabela Periódica de Mendeleev, os novos pesos atômicos foram sendo verificados (Bensaude-Vincent, 1986).

O caso do Iodo e do Telúrio foi tema de vastas discussões que chegaram até a quarta década do século XX. Após diversas pesquisas e mudanças na classificação da Tabela, como a utilização do número atômico e não mais do peso atômico como parâmetro organizador, algumas considerações de Mendeleev se mostraram inadequadas (Gordin, 2019). Contudo, cabe ressaltar que ele foi coerente com as pesquisas que realizava à sua época e com a sua própria Lei Periódica. Essa forte convicção com os conhecimentos construídos pode ser apontada como uma característica da própria natureza do empreendimento científico, já que se o pesquisador não acredita, ele mesmo, nas pesquisas que realiza, qualquer empecilho será motivo de desistência (Peduzzi; Raicik, 2020). Vale destacar ainda que, nesse período, nem o conceito de peso atômico nem os procedimentos e instrumentações para realizar a pesagem dos elementos eram consenso entre os estudiosos, por isso havia divergências, por vezes gritantes, entre eles (Oki, 2009).

Hanson apresenta, ainda, o tipo de *descoberta de X como Y*. Esse tipo de descoberta envolve a observação de um fenômeno, corpo ou objeto que leva a um desentendimento na sua categorização. Isso pode acontecer por conta das convicções teóricas do cientista e/ou dos aparatos instrumentais que lhes são disponíveis no momento. O episódio histórico do *nebúlio* pode servir como fonte de exemplificação para esse tipo de descoberta. No ano de 1864, o astrônomo William Huggins (1824-1910) observou uma brilhante linha de emissão verde com comprimento de onda de 500,7 nanômetros na nebulosa planetária NGC 6543. Essa linha espectral não correspondia a de nenhum elemento químico conhecido na época, por isso, depois de algum tempo estudando essa linha, os estudiosos começaram a sugerir que ela pertencia a um elemento químico desconhecido e o chamaram de *nebúlio* (para fazer referência à nebulosa) (Kwok, 2021). Por décadas (final do século XIX e início do século XX), muitos estudiosos realizaram estudos sobre esse elemento, procurando obtê-lo em ambiente terrestre (assim como havia acontecido com o Hélio) e buscando entender suas características físico-químicas (Robinson, 2007). Cientistas realizaram estudos buscando explorar as propriedades desse possível novo elemento, como John W. Nicholson e o laureado pelo Nobel de Física Subramanyan Chandrasekhar (1910-1995), que escreveu sobre a sua emissão em nebulosas planetárias (Chandrasekhar, 1935; Nicholson, 1911).

Contudo, ao longo dos avanços dos estudos espectroscópicos no século XX, em grande parte ocasionados pela física quântica, constatou-se que a linha do *nebúlio* era uma linha proibida do Oxigênio ionizado (O⁺⁺), que ficou conhecida como OIII. Essa linha espectral do Oxigênio ocorria apenas em condições muito específicas de nebulosas, nas quais a densidade era muito baixa (Kwok, 2021). Então, nesse caso, tem-se a descoberta de novo elemento químico (*que seria o Y de Hanson*), que depois foi entendido como uma linha espectral do Oxigênio, um elemento conhecido há bastante tempo pelos estudiosos (*que seria o X descoberto*). Embora o episódio em questão necessite de uma melhor contextualização para seu pleno entendimento, a sua citação no âmbito deste artigo permite evidenciar, ainda que brevemente, uma ressalva feita por Hanson, de que é preciso ter cuidado histórico com descobertas desse tipo para que não se passe a impressão de que elas são “sinônimos de meras ‘observações’ ou de ‘conclusões’ precipitadas e não, necessariamente, de um processo árduo de estudos, reflexões e interpretações” (Raicik; Peduzzi, 2016, p. 154).

Torna-se pertinente resgatar a concepção de Kuhn de que, para que alguém descubra algo, faz-se necessário que tome consciência de que descobriu. Mas então, aqueles que observaram as linhas espectrais do Oxigênio ionizado e identificaram como sendo de um novo elemento químico, o *nebulio*, nada descobriram? Ou nada têm a ver com a descoberta da “linha proibida” do Oxigênio? Certamente as pessoas que estudaram o *nebulio* foram de grande importância não somente para a posterior conclusão de que se tratava de uma linha espectral de um elemento já conhecido, como para o próprio desenvolvimento da ciência normal do período. Assim sendo, e estando de acordo com Hanson e Kuhn, é indispensável analisar a estrutura da descoberta — aqueles que estudaram o *nebulio* já faziam parte dessa estrutura, desse caminhar da história da ciência — que envolve não apenas o momento de identificação de algo em específico, mas toda a trilha de acontecimentos e contextos que influenciaram os pesquisadores. Caso um estudo mais singular demande a especificação daquele que chegou à natureza da descoberta, existem meios de fazer isso sem que se cometa anacronias e/ou whiggismos, como a que o químico Edmond Rancke-Madsen define como *descoberta efetiva de um elemento*, na qual se analisa a estrutura da descoberta, mas se define aquele que caracterizou o elemento como um elemento químico (dizendo suas propriedades, interações, aplicações, etc.) (Kragh, 2019).

Além disto, Hanson denominou de *trip-over* a categoria que se refere àquelas descobertas que ocorrem como um “tropeço”, isto é, o estudioso não antecipa o que descobrirá, por isso é como se tropeçasse naquilo que é descoberto. Assim, não existe antevisão psicológica ou teórica. Contudo, é importante ressaltar que, quando o estudioso se depara com uma descoberta dessa categoria, para que possa identificá-la como algo digno de atenção, ele precisa dispor de um arcabouço teórico capaz de lhe proporcionar a compreensão daquilo. Um exemplo histórico que pode ser citado nessa categoria é a descoberta do Fósforo por Hennig Brand em 1669. Brand é considerado um químico-alquimista por estar no limiar entre as duas tradições investigativas. Foi um autodidata que exercia seus ofícios em Hamburgo. Ele é considerado por alguns historiadores como um dos primeiros estudiosos a ser registrado na história como *descobridor* de um elemento químico. Brand estava em busca da pedra filosofal, quando deixou certa quantidade de urina apodrecer e, posteriormente, destilou-a por várias horas adicionando ao procedimento três vezes a quantidade de areia (sílica). No final, o que obteve foi um sólido ceroso de cor branca e que brilhava no escuro (Maar, 1999). Brand não estava em busca do Fósforo, mas foi o que alcançou com os procedimentos realizados.

Após conseguir o sólido ceroso e estudá-lo, Brand descreveu suas características, percebendo que não havia algo parecido registrado. Ao reconhecer seu caráter volátil e luminescente, passou a divulgar seu trabalho sem revelar as práticas de obtenção da substância. Vários estudiosos que prestavam serviços a cortes reais — intelectuais serviam a monarcas, trazendo novidades e em alguns casos garantindo a soberania científica em alguns achados científicos — se interessaram pelo trabalho e passaram a escrever ou visitar Brand em busca das instruções experimentais. Quando da socialização dessa nova descoberta, esses estudiosos, com os quais ele interagiu, tiveram grande importância na circulação desse conhecimento no continente europeu (Weeks, 1956).

Além disso, como sinaliza a historiadora da ciência Mary Elvira Weeks, a descoberta desse sólido ceroso, posteriormente chamado de Fósforo,⁴ os seus meios de obtenção e os aperfeiçoamentos de pureza das amostras estão ligados a nomes como Daniel Krafft, Johann Kunckel, Robert Boyle, Wilhelm Homberg e até mesmo Gottfried Leibniz (Weeks, 1956). Contudo, isso não significa que todos esses estudiosos descobriram o Fósforo. Inclusive, essa é uma discussão que foi contemporânea a eles. Brand era bastante restrito a quem ele fornecia sua metodologia experimental; além disso, é importante salientar que nesse período a linguagem padronizada da química, tal como se conhece hoje, ainda não era empregada. Por isso, muitas vezes, havia dificuldades na comunicação entre aqueles que estudavam os processos químicos, uma vez que as nomenclaturas e as formas de mensurar as substâncias podiam variar. Kunckel e Krafft foram um dos primeiros estudiosos a entrar em contato com Brand indo até a casa dele para conhecer o novo achado, na época ainda chamado de fogo frio. Leibniz, que foi contemporâneo à descoberta do fósforo, escreveu uma história da obtenção do fogo frio e registrou que Brand havia passado pessoalmente a Kunckel e Krafft os passos para obter o sólido ceroso (Weeks, 1956).

Não se tem registro se foi pela dificuldade de comunicação entre os estudiosos ou pela pouca destreza em realizar experimentação, mas Kunckel não conseguiu repetir os procedimentos de Brand. Chegou a acusá-lo de ser demasiadamente obscuro em sua fala, a ponto de não conseguir descrever de forma executável os procedimentos. O estudioso, baseado no que sabia sobre os procedimentos de Brand, foi pelo caminho da “tentativa e erro” até conseguir obter a cera luminescente. Kunckel só conseguiu obter o fósforo quando adicionou areia à urina antes da destilação (Brand adicionava somente no momento da destilação). Por essa adaptação nos procedimentos, ele passou a requerer um título de “redescobridor” do Fósforo. Todavia, Leibniz, ao escrever uma história sobre o estudo da substância, na época, defendeu a autoria de Brand no processo e na obtenção do Fósforo. O historiador da química Hermann Peters, no início dos anos de 1900, fez um estudo sistemático utilizando cartas trocadas por Brand, Kraft, Kunckel, Homberg, Leibniz e outros que estiveram envolvidos com o estudo do fósforo e concluiu que, em algum momento, esses estudiosos creditam a Brand a descoberta da substância, tanto pela identificação quanto pelos procedimentos pioneiros.⁵

Em síntese, à luz da história e recorrendo a noção hansoniana de descoberta *trip-over*, é possível dizer que Brand descobriu o Fósforo. Isso porque, apesar de ter chegado de forma inesperada na substância cerosa luminescente, ele teve consciência de que estava obtendo uma substância ainda não estudada; ele não apenas viu algo novo, mas foi em busca de sua natureza explicativa. Em síntese, é possível enfatizar a importância de uma análise concomitante entre contexto de descoberta e justificativa, pois, aqui, um resgate histórico pode trazer à tona não apenas a estrutura e relevância de uma descoberta, como se buscou frisar, mas até controvérsias acerca de sua prioridade, no sentido de reivindicação pelo que foi descoberto.

Hanson fala ainda sobre a categoria chamada de *back-into*, que está ligada a uma descoberta resistiva. Nela, as expectativas teóricas do estudioso vão de encontro com as observações feitas. Por isso, essa categoria de descoberta é marcada por uma resistência em aceitar os próprios resultados por parte do cientista ou da sua comunidade. A descoberta do elemento químico Hélio pode ser utilizada para exemplificar essa questão. Os processos de construção de conhecimento sobre esse elemento são bastante complexos, inclusive, pode-se falar em uma espécie de duas descobertas do Hélio, já que ele foi primeiramente identificado em espectroscopias solares e posteriormente em procedimentos utilizando materiais terrestres (Kragh, 2009).

Em 1868 ocorreu um eclipse solar total, que foi estudado por inúmeros estudiosos que se deslocaram até a Índia (local de melhor visibilidade) para explorar esse evento astronômico. Nas espectroscopias feitas, foi notada uma linha na faixa do amarelo que se parecia muito com a do sódio. Contudo, após alguns estudos, constatou-se que ela não era do sódio. Foi então que Edward Frankland e Norman Lockyer sugeriram que poderia se tratar de um novo elemento químico e sugeriram o nome de “Helium” em homenagem ao Sol (em grego, Sol é chamado de Helios). Por algum tempo esse elemento ocupou pouco espaço nas discussões sobre química, sendo mais citado em trabalhos envolvendo espectroscopia e astronomia. Já em 1888, um pesquisador de um instituto de geologia norte-americano, Joel Hillebrand, estava realizando um estudo fervendo uranito com ácido sulfúrico. Essas práticas fizeram surgir um gás inerte. Uma amostra desse gás foi, em 1894, analisada por William Ramsay, que havia recém descoberto o argônio e estava em busca de mais amostras de gás inerte para ver se o encontrava a partir de outras fontes. Através da espectroscopia do gás, Ramsay ficou bastante surpreso com uma linha espectral na faixa do amarelo que surgiu no espectrômetro. Essa linha espectral era tão inesperada, que o fez resistir a essa observação, desconfiando da pureza da amostra e do funcionamento da instrumentação (Moore, 1921). É nesse ponto que seria válido ressaltar a resistência do estudioso frente aos resultados de sua própria pesquisa, caracterizando uma descoberta *back-into*. Além disso, alguns membros importantes da comunidade científica da época eram bastante receosos com as primeiras formas de estudo desse elemento, que ocorreu através de espectroscopia astronômica. O próprio Mendeleev foi um grande crítico do trabalho dos astrônomos que utilizavam a espectroscopia astronômica em seus estudos (Kragh, 2009). Isso mostra também uma resistência da própria comunidade científica frente às novidades, tanto no sentido de descoberta, quanto de procedimentos.

Vale ressaltar que os episódios históricos aqui mencionados para exemplificar os tipos de descobertas (*de um X, de X, daquele X e de X como Y*) e categorias de descobertas (*pluzze-out, subsume and reticulate, tripp-over e back-into*) elencadas por Hanson, não se limitam apenas a essas descrições. Em seu trabalho, Hanson ainda fala sobre outros tipos de descobertas, que não serão aqui exemplificadas: descoberta de como X (no sentido de como gerar algum fenômeno), se X (se as condições podem gerar algum fenômeno) e possibilidade de X (se algum fenômeno poderia ser gerado dado as condições existentes) (Hanson, 1967).

Mediante as reflexões de Hanson que foram apresentadas e das discussões sobre descobertas exemplificadas a partir de episódios históricos, notabiliza-se a relevância de estudos históricos e filosóficos acerca de descobertas científicas. Resgates dessa natureza, podem evidenciar uma imagem mais próxima da prática científica. Além disso, propiciam reflexões sobre a Natureza da Ciência, que é histórica, cultural, social, filosófica, epistemológica; essas análises simultâneas e não dicotômicas possibilitam observar, ao mesmo tempo, a grandiosidade do empreendimento científico e a sua raiz humana, que nem por isso o diminui, muito pelo contrário.⁶

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das reflexões feitas ao longo deste trabalho, dos escritos de Kuhn e das categorias e tipos de descobertas científicas elencadas por Hanson, torna-se evidente o porquê de narrativas simplistas de descobertas — como a da maçã de Newton e o sonho de Mendeleev, trazidas na introdução — serem inadequadas perante a moderna filosofia e historiografia da ciência.

Livros didáticos e manuais científicos muitas vezes apresentam uma reconstrução da ciência que a torna acrítica, a-histórica e linear (Peduzzi; Raicik, 2020). Nessas reconstruções, as descobertas são representadas como meras informações específicas de quando, onde e quem as realizou; como um lampejo ou *insight*. Isso propicia uma visão inadequada de ciência, podendo implicar na crença de gênios isolados, ciência neutra e independente de seu contexto, existência do (no sentido de um único) método científico, entre outros. Por isso, há algumas décadas a literatura de educação científica vem apontando para a necessidade de um ensino-aprendizagem cada vez mais contextual (Damasio; Peduzzi, 2018; Forato; Martins; Pietrocola, 2011; Matthews, 1995; Peduzzi, 2001), que possa ajudar aos alunos a identificarem como anedotas científicas episódios como o da torre de Pisa, envolvendo Galileu, ou o Sonho de Mendeleev.

A partir das discussões desenvolvidas, faz-se pertinente questionar “que reflexões podem ser feitas a partir das noções de descoberta científica de Norwood Hanson e Thomas Kuhn articuladas a episódios históricos que permeiam os estudos dos elementos químicos e da Lei Periódica” e também “Como isso pode contribuir para a Educação Científica?”. A inserção e discussão de aspectos de natureza da ciência — estrutura de descobertas científicas, ciência como conhecimento contextual, empreendimento científico não neutro, inseparabilidade dos contextos da descoberta e da justificativa etc. — podem ser feitas a partir da história da ciência (Raicik; Peduzzi, 2016; Peduzzi; Raicik, 2020). Essa articulação pode promover um entendimento mais amplo de ciência, como parte integrante da história da própria humanidade. Em tempos sombrios de negacionismo científico, tornam-se centrais discussões que problematizem a ciência, que procurem vê-la e entendê-la em sua completude e que se façam conhecer suas práticas. Parafraseando Hanson (1967), um conceito que não é explorado, analisado, discutido é um conceito desconhecido. Em alguns casos o negar a ciência vem do desconhecimento do próprio funcionamento do empreendimento científico. Por isso, abordagens que ampliem as discussões para além dos produtos da ciência são tão importantes. Neste trabalho, por exemplo, foram proporcionados alguns exemplos de como abordar as questões relacionadas às descobertas, aos elementos químicos e à Tabela Periódica de uma forma contextualizada e filosoficamente fundamentada.

Os exemplos trazidos sinalizam possíveis discussões nesse sentido, mas que precisam ser devidamente aprofundados, conceitual, histórica e epistemologicamente, algo não passível em poucas páginas. Devido à complexidade estrutural de uma descoberta científica, e o rigor que se deve ter no uso didático da história da ciência, cada caso precisa ser analisado com as minúcias que requer.

Para finalizar, importa ressaltar que “a compreensão de uma descoberta científica ultrapassa a reconstrução lógica da investigação científica. O seu entendimento demanda uma abordagem integrada entre história e filosofia da ciência” (Raicik; Peduzzi, 2016, p. 170). Isso implica a necessária preparação de docentes ainda em formação inicial para realizarem tais discussões com seus alunos, já que grande parte dos livros didáticos não as fazem e ainda carregam visões inadequadas de ciência. Essa preparação do docente se torna mais importante quando se averigua que no momento em que ele se isenta de tais discussões, estando consciente disso ou não, também carrega uma visão epistemológica que certamente influenciará no entendimento de ciência de seu aluno.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Declaração sobre disponibilidade de dados

“Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo foi publicado no próprio artigo e em trabalhos preliminares citados neste trabalho. De acordo com a aprovação do projeto em comitê de ética, terão acesso aos dados coletados unicamente a pesquisadora e seu orientador que poderão publicá-los em trabalhos”.

Contribuição das/dos autores/as

Cristina Spolti Lorenzetti, Anabel Cardoso Raicik, Luiz Peduzzi: Análise Formal, Escrita – Primeira versão, Escrita – Revisão e Edição, Investigação, Metodologia.

Declaração de conflito de interesse

Os autores declaram que não há conflito de interesse com o presente artigo.

REFERÊNCIAS

- ALLCHIN, D. (2004). Pseudohistory and Pseudoscience. *Science & Education*, 13, 179-185. <https://doi.org/10.1023/B:SCED.0000025563.35883.e9>.
- BACHELARD, G. (2009). *Pluralismo coerente da química moderna*. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto.
- BRITO, A.; RODRIGUEZ, M. A.; NIAZ, M. A. (2005). 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*, 42(1), 84-111. <https://doi.org/10.1002/tea.20044>.
- BENSAUDE-VINCENT, B. (1986). Mendeleev's periodic system of chemical elements. *The British Journal for the History of Science*, 19, 3-17. <https://doi.org/10.1017/S000708740002272X>.
- BROOKS, N. M. (2002) Developing the periodic law: Mendeleev's work during 1869-1871. *Foundations of Chemistry*, 4(2), 127-147. <https://doi.org/10.1023/A:1016022129746>.
- CHANDRASEKHAR, S. (1935). The Nebulium Emission in Planetary Nebulae. *Zeitschrift fur Astrophysik*, 10, 36-39.
- CHAPMAN, K. (2018). The oganesson odyssey. *Nature Chemistry*, 10(7), 796-796. <https://doi.org/10.1038/s41557-018-0098-4>.

- CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. (2010). As conferências Nobel de Marie e Pierre Curie: a gênese da radioatividade no ensino. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 27(3), 473-514. <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2010v27n3p473>.
- DAMASIO, F.; PEDUZZI, L. O. Q. (2018). Para que ensinar ciência no século XXI? - Reflexões a partir da Filosofia de Feyerabend e do ensino subversivo para uma Aprendizagem Significativa Crítica. *Ensaio*, 20, e2951. <https://doi.org/10.1590/1983-21172018200114>.
- FORATO, T. C. M., PIETROCOLA, & M., MARTINS, R. A. (2011). Historiografia e Natureza da Ciência em sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(1), 27-59. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2011v28n1p27>.
- GARCIA, R. A. (2019). A encruzilhada da Tabela Periódica. *Revista Fapesp*, 277, 60-63.
- GIL PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. (2011). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7(2), p. 125-153. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000200001>.
- GORDIN, M. (2019). *A Well-ordered thing: Dmitrii Mendeleev and the shadow of the Periodic Table*. New Jersey: Princeton University Press.
- HANSON, N. R. (1967). An Anatomy of Discovery. *The Journal of Philosophy*, 64 (11), 321-352, 1967. <https://doi.org/10.2307/2024301>.
- HOYNINGEN-HUENE, P. (2006). Context of discovery versus context of justification and Thomas Kuhn. *Revisiting discovery and justification: Historical and philosophical perspectives on the context distinction*, 119-131.
- KAJI, M. (2003). Mendeleev's discovery of the periodic law: the origin and the reception. *Foundations of Chemistry*, 5(1), 189-214. <https://doi.org/10.1023/A:1025673206850>.
- KELLER, V. (2014). Hermetic Atomism: Christian Adolph Balduin (1632–1682), Aurum Aurae, and the 1674 Phosphor. *Ambix*, 61(4), 366-384. <https://doi.org/10.1179/1745823414Y.0000000003>
- KIPNIS, N. (2005). Chance in Science: the discovery of Electromagnetism by HC Oersted. *Science & Education*, 14(1), 1-28. <https://doi.org/10.1007/s11191-004-3286-0>.
- KRAGH, H. (2009). The Solar Element: A Reconsideration of Helium's Early History. *Annals of Science*, 66(2), 157-182. <https://doi.org/10.1080/00033790902741633>.
- KRAGH, H. (2019). Controversial elements: priority disputes and the discovery of chemical elements. *Substantia*, 66(2), 79-90. <http://dx.doi.org/10.1080/00033790902741633>.
- KUHN, T. S. (2011). *A tensão essencial: estudos selecionados sobre tradição e mudança científica*. 1. ed. São Paulo: Editora Unesp.
- KUHN, T. S. (2018). *A Estrutura das Revoluções Científicas*. 13. ed. São Paulo: Perspectiva.
- KWOK, S. (2021). Unexplained spectral phenomena in the interstellarmedium: an introduction. *Astrophysics Space Science*, 366(7), 1-4, <https://doi.org/10.1007/s10509-021-03974-y>.
- MAAR, J. H. (1999). *Pequena História da Química*. 1. ed. Florianópolis: Papa Livros.
- MARTINS, R. A. (1990). Como Becquerel não descobriu a radioatividade. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 7(esp.), 27-45.
- MARTINS, R. A. (2006). A maçã de Newton: história, lendas e tolices. In: SILVA, C. C. *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 167-189.
- MARTINS, R. A. (2009). Os estudos de Joseph Priestley sobre os diversos tipos de “ares” e os seres vivos. *Filosofia e História da Biologia*, 4, 167-208.
- MATTHEWS, M. R. (1995). História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 12(3), 164-214.
- MENDELÉEFF, D. (1891). *The Principles of Chemistry*. Londres; Nova Iorque: Longmans, Green, and Co.

- MENDELEEV, D. (1869). The relation between the properties and atomic weights of the elements. *Journal of the Russian Chemical Society*.⁷
- MOORE, R. B. (1921). Helium: its history, properties, and commercial development. *Journal of the Franklin Institute*, 191(2), 145-197.
- NEVES, D. R. M. *et al.* (2021). Debates, contextos e lacunas no desenvolvimento coletivo da teoria sobre raios catódicos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 38(3), 1619-1649. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2021.e80515>.
- NICHOLSON, J. W. (1911). The Spectrum of Nebulium. *Royal Astronomical Society*, 72, 49-64.
- OKI, M. C. M. (2009). Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. *Química Nova*, 32(4), 1072-1082. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000400043>.
- PEDUZZI, L. O. Q. (2001). Sobre a utilização didática da História da Ciência. *Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Editora da UFSC.
- PEDUZZI, L. O. Q. (2015). *Do átomo grego ao átomo de Bohr*. Publicação interna. Florianópolis: Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina (revisado em julho de 2019).
- PEDUZZI, L. O. Q.; RAICIK, A. C. (2020). Sobre a Natureza da Ciência: asserções comentadas para uma articulação com a História da Ciência. *Investigações em Ensino de Ciências*, 25(2), 19-55. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n2p19>.
- PIRES, L. N.; PEDUZZI, L. O. Q. (2022). Little Green Men: O Episódio de Detecção dos Pulsares e o Protagonismo de Jocelyn Bell Burnell. *Investigações em Ensino de Ciências*, 27(1), 108-136. <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n1p108>.
- RAICIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. (2015). Uma discussão acerca dos contextos da descoberta e da justificativa: a dinâmica entre hipótese e experimentação na ciência. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 18(1), 132-146. <https://doi.org/10.53727/rbhc.v8i1.173>
- RAICIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. (2016). A estrutura conceitual e epistemológica de uma descoberta científica: reflexões para o ensino de ciências. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 9(2), 149-176. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2016v9n2p149>.
- RAICIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q.; ANGOTTI, J. A. P. (2018). A estrutura conceitual e epistemológica de uma controvérsia científica: implicações para o ensino de ciências. *Experiências em ensino de Ciências*, 13(1), 42-62.
- RAICIK, A. C. (2019). *Experimentos exploratórios e experimentos cruciais no âmbito de uma controvérsia científica: o caso de Galvani e Volta e suas implicações para o ensino*. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- RAICIK, A. C.; ANGOTTI, J. A. P. (2019). A escolha teórica em controvérsias científicas: valores e seus juízos à luz de concepções kuhnianas. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 12(1), 331-349. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v12n1p331>.
- RAICIK, A. C.; GONÇALVES, F. P. (2022). O debate Perrin-Donovan e a revolução química de Lavoisier: reflexões kuhnianas e implicações no ensino de ciências/química. *Em Construção*, 11, 15-27. <https://doi.org/10.12957/emconstrucao.2022.61229>.
- REICHENBACH, H. (1938). *Experience and Prediction*. 1. ed. Chicago: University of Chicago Press.
- ROBINSON, K. (2007). *Spectroscopy: the key to the stars*. Nova Iorque: Springer.
- SCERRI, E.; WORRALL, J. (2009). Prediction and the Periodic Table. *Studies in History and Philosophy of Science*, 32(3), 407-452. [https://doi.org/10.1016/S0039-3681\(01\)00023-1](https://doi.org/10.1016/S0039-3681(01)00023-1).
- SILVERIA, F. L.; PEDUZZI, L. O. Q. (2006). Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(1), 26-52. <http://hdl.handle.net/10183/85067>
- WEEKS, M. E. (1956). *Discovery of the elements*. 6. ed. Easton: Mack Printing Company.

NOTAS

- 1 Embora o trabalho possa apresentar desdobramentos que levem a discussões de natureza ontológica sobre descobertas científicas, este não é o seu objetivo.
- 2 Mendeleev iniciou a escrita de um manual científico sobre química inorgânica em 1867. Nesse período eram bem conhecidos pela comunidade científica 63 elementos químicos que tinham seus pesos atômicos determinados pela hipótese de Avogadro, dos quais se tinha informações relativamente confiáveis, ou seja, aceitáveis, sobre os seus volumes atômicos. Foram esses 63 elementos químicos que apareceram na Tabela de Mendeleev em 1869 (Gordin, 2019; Scerri, Worrall, 2009). Brooks (2002), contudo, aponta que outros elementos (mais especificamente sete) ainda pouco conhecidos, isto é, que não tinham propriedades físico-químicas e principalmente peso nem volume atômicos bem definidos, foram deixados de fora da primeira Tabela desenvolvida por Mendeleev.
- 3 Serão postos entre parênteses exemplos mais gerais dos tipos de descoberta para dar uma noção mais imediata do que se trata.
- 4 Quando Brand obteve o sólido ceroso chamou-o de fogo frio, por ser uma substância fosforescente. O nome “fósforo” já era utilizado desde a alquimia para designar substâncias com luz própria (fosforescentes), isso porque *phosphorus* vem do latim, que significa “portador de luz”. Por exemplo, o alquimista Christian Adolph Balduin (1632–1682) preparou uma substância fosforescente de nitrato de cálcio que chamou de “hermetic phosphorus” (Keller, 2014); tal substância e nomenclatura era conhecida pelos estudiosos da época, como Kunckel, que chegou a fazer uma apresentação do “hermetic phosphorus” em Hamburgo (Weeks, 1956). Atualmente, na língua inglesa, são utilizadas duas palavras para diferenciar o fósforo de Balduin e o obtido por Brand: *phosphor* é o “hermetic phosphorus” e *phosphorus* é o fósforo de Brand.
- 5 Kunckel, no caso, reconhece que Brand obteve o sólido ceroso, porém reivindica a si próprio a sistematização dos procedimentos experimentais e, com isso, um “redescobrimto” da substância.
- 6 Um exemplo disso é o comentário feito por Weeks (1956) acerca do trabalho de Peters sobre as análises das cartas. Ela salienta que foi a partir dos trabalhos desse historiador que o primeiro nome de Brand (Hennig) apareceu nos estudos sobre o fósforo. Também foi a partir das cartas que surgiu o Brand como pesquisador *humano*; até então ele era descrito quase como uma figura sobre-humana, sem subjetividades ou percalços em suas pesquisas. Essa aproximação com fontes históricas e a reflexão sobre os conteúdos encontrados são uma forma de auxiliar no processo de humanização das ciências.
- 7 Менделѣва, Д. Соотношеніе свойствѣ съ атомнымъ вѣсомъ элементовъ. ЖУРНАЛЫ РУССКАГО ХИМИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА, томъ. I, 1869.

Cristina Spolti Lorenzetti

Graduada em Licenciatura em Física, mestranda no Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Apeiron - Grupo de História, Filosofia e Ensino de Ciências. UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

E-mail: cspolti55@gmail.com

Anabel Cardoso Raicik

Doutora em Educação Científica e Tecnológica, Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Apeiron - Grupo de História, Filosofia e Ensino de Ciências. UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

E-mail: anabelraicik@gmail.com

Luiz O. Q. Peduzzi

Doutor em Educação, Docente no Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Apeiron - Grupo de História, Filosofia e Ensino de Ciências. UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

E-mail: luizpeduzzi@gmail.com

Contato:

Cristina Spolti Lorenzetti
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica
Rua Roberto Sampaio Gonzaga, s/n - Trindade
Florianópolis - SC | Brasil
CEP 88040-900

Editor responsável:

Luciana Massi

Contato:

Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais – CECIMIG
Faculdade de Educação – Universidade Federal de Minas Gerais
revistapec@gmail.com

O CECIMIG agradece ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico) e à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pela verba para a editoração deste artigo.