

Descobertas científicas: uma breve reflexão a partir de Thomas Kuhn e Norwood Hanson

Scientific discoveries: a brief discussion from Kuhn and Hanson

Cristina Spolti Lorenzetti

Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação Científica e Tecnológica
cspolti55@gmail.com

Anabel Cardoso Raicik

Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação Científica e Tecnológica
anabelraicik@gmail.com

Luiz O. Q. Peduzzi

Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação Científica e Tecnológica
luizpeduzzi@gmail.com

Resumo

É comum que descobertas científicas sejam relacionadas ao avanço e desenvolvimento científico. Entretanto, este é um tema bastante negligenciado quando se fala em compreender histórica e epistemologicamente as estruturas de descobertas científicas. Inclusive, muitas vezes tratam-na como uma simples informação de datas, locais e pessoas, ignorando a complexidade conceitual e filosófica ligados a ela. Para tanto, este trabalho busca abarcar algumas discussões realizadas no âmbito histórico-epistemológico centradas principalmente nos escritos de Thomas Kuhn e Norwood Hanson. Dessa forma, resgata-se questões sobre a inseparabilidade dos contextos da descoberta e da justificativa, as complexas estruturas intrínsecas à gênese do conhecimento científico e tipos e categorias de descobertas. Essas discussões são desenvolvidas e exemplificadas a partir de breves menções a episódios da história da ciência, que evidenciam as intrincadas estruturas inerentes aos momentos de descoberta científica.

Palavras chave: descobertas científicas, história da ciência, epistemologia da ciência.

Abstract

It is common for scientific discoveries to be related to scientific advancement and development. However, this is a largely neglected topic when it comes to understanding

historically and epistemologically the structures of scientific discoveries. In fact, they often treat it as a simple information of dates, places and people, ignoring the conceptual and philosophical complexity linked to it. Therefore, this work seeks to encompass some discussions carried out in the historical-epistemological scope, mainly centered on the writings of Thomas Kuhn and Norwood Hanson. In this way, questions were addressed about the inseparability of the contexts of discovery and justification, the complex structures intrinsic to the genesis of scientific knowledge and the types and categories of discoveries listed by Hanson. These discussions were developed and exemplified from episodes in the history of science, which evidence the intricate structures inherent to the moments of scientific discovery.

Key words: scientific discoveries, history of science, epistemology of science.

Introdução

“Como se dão os processos de descobertas científicas?” Essa é uma das tantas perguntas complexas que a Ciência carrega e que pode ser respondida por diferentes perspectivas¹. 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 de como ocorrem as descobertas científicas e, conseqüentemente, levam a uma distorção da própria natureza da ciência (GIL PEREZ *et al.*, 2001; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; KUHN, 2018).

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” científicas; sem que se pondere, conceitual e epistemologicamente, o que vem a ser, e o que carrega, o termo descoberta. É possível citar casos clássicos como a “descoberta da gravitação universal” realizada 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.

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”, já que de acordo com algumas narrativas o químico russo Dmitri I. Mendeleev (1834-1907) sonha com toda uma estrutura de organização dos elementos químicos e, registrando-a em um papel, teria “descoberto” a primeira Tabela Periódica.

Devido a ênfase em produtos da ciência no ensino, não é incomum que o termo descoberta seja utilizado, portanto, 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 essas, tem-se a impressão de que perguntas como

¹ Embora o trabalho possa apresentar desdobramentos que levem a discussões de natureza ontológica sobre descobertas científicas, este não é o seu objetivo.

“quem descobriu?”, “quando?” e “onde?” podem ser respondidas com certa facilidade e precisão. Reconstruções que incorrem em whiggismos e pseudo-histórias que deixam de evidenciar que descobertas científicas possuem uma estrutura epistemológica e conceitual (KUHN, 2018; HANSON, 1967).

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 desenvolvidas. No livro de Hans Reichenbach, intitulado “Experiência e Predição” (1938), pode-se constatar a explicitação dos termos contextos da descoberta e da justificativa, para designar uma visão filosófica corrente no início do século passado. O contexto da descoberta corresponderia aos processos envolvidos na gênese de um novo conhecimento científico, no qual ideias que, aparentemente e em princípio, possuem componentes ditos *não lógicos* ou subjetivos estariam envolvidos na situação. Enquanto que a justificativa seria uma espécie de substituto lógico desses processos, havendo uma reconstrução racional do desenvolvimento do conhecimento.

Isto é, segundo Reichenbach (1938), e os defensores dessa dicotomia, os filósofos da ciência deveriam se ocupar apenas do momento da justificativa, já que esse estaria envolto por procedimentos lógicos, isentos de idiossincrasias dos estudiosos; 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 história da ciência e psicologia (RAICIK; PEDUZZI, 2015).

Não obstante, o século XX foi marcado por grandes mudanças no campo epistemológico das ciências, com as investigações de Gaston Bachelard, Karl Popper, Ludwik Fleck, Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Michael Polanyi, Paul Feyerabend, Norwood Hanson, além de tantos outros. Esses filósofos realizaram reflexões *de* e *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 com uma análise da 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 — traços de racionalidade puderam ser constatados nos processos de descoberta científica, bem como fatores considerados não lógicos foram identificados no contexto da justificativa. É possível dizer também que, a partir desses estudos, a separação dicotômica entre os contextos da descoberta e da justificativa não é algo passível de determinar, já que ao longo dos procedimentos que levam à descoberta existem práticas de sistematização e esclarecimentos à comunidade, bem como durante a escrita sistemática desse conhecimento, muitos traços dos fenômenos descritos são deslindados (HANSON, 1967; RAICIK; PEDUZZI, 2015).

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.

À luz do exposto, este trabalho apresenta questões relacionadas às estruturas conceitual e

epistemológica contidas em descobertas científicas a partir de considerações de Kuhn e Hanson. Busca-se, com isso, evidenciar, ainda que brevemente, a complexidade envolvida nos processos de construção e desenvolvimento do conhecimento científico, ressaltar a sua não pontualidade no espaço e no tempo e a coletividade intrínseca ao trabalho científico. Ademais, a fim de contribuir para propiciar discussões ao ensino de ciências, apresenta-se 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 mero “insight”.

Uma estrutura para Descobertas Científicas

Em “A Estrutura das Revoluções Científicas”, Thomas Kuhn apresenta um capítulo específico dedicado às descobertas científicas, intitulado “A Anomalia e a Emergência das Descobertas Científicas”. Já em seu livro “A Tensão Essencial” pode-se encontrar o ensaio “A estrutura histórica da descoberta científica”. Kuhn pondera, nesses escritos, sobre os cenários favoráveis para a ocorrência de descobertas, as reações dos cientistas frente as anomalias encontradas e discute, a partir de exemplos históricos, noções comuns e inadequadas de natureza da ciência que surgem junto a narrativas sobre elas.

Kuhn detêm-se 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 essa classe de descoberta. Na “Estrutura”, a fim de contrapor a ideia simplista de que uma mera observação poderia 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, para determinadas descobertas, 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 exemplificar essa amplitude espaço-temporal da descoberta e questionar ideias simplistas disseminadas em manuais científicos, livros didáticos e outros meios.

Nesse caso, é pertinente falar sobre a descoberta do oxigênio, inclusive, discutida por Kuhn. 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 de oxigênio, isto é, certa quantidade do gás em sua forma pura. É importante fazer essa delimitação, já que se o critério para a descoberta do gás fosse uma certa amostra dele misturada a outros gases, aquele que primeiro o tivesse aprisionado teria sido então o autor de sua descoberta. Os estudos de Scheele, contudo, só vieram à tona após vários anúncios de obtenção de tal gás.

Já Priestley e Lavoisier comunicaram-se sobre os resultados de seus experimentos em concomitância aos estudos que desenvolviam. Ambos haviam aderido a visões diferentes para

interpretar os fenômenos químicos, o que levava a olhares distintos para os experimentos e resultados que alcançavam. A história dos experimentos e estudos envolvendo o oxigênio — ou ar desflogisticado, como vai dizer Priestley — aconteceram ao longo de, pelo menos, três anos (1774-1776). Em 1774, Priestley aqueceu uma amostra de um precipitado de mercúrio que produzia um certo gás, concluindo que seria ar nitroso. Ao longo de 1774 e 1775, ele continuou repetindo os experimentos e pôde concluir 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 que esse ar, o que fez com que ele o chamasse de “ar desflogisticado” (KUHN, 2011).

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, ele conversou com Lavoisier e lhe contou sobre o que acontecia quando se aquecia o 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”. 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).

Por certo, o episódio demanda um resgate pormenorizado para sua plena compreensão. Mas uma breve menção de sua complexidade, já parece suficiente para mostrar 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; RAÍCIK, 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 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, seja com as publicações dos 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 o desenvolvimento da 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*. Além disso, a Lei Periódica descoberta pelo químico russo marcou um dos inúmeros estágios de desenvolvimento dessa lei generalizadora. Isso porque, a partir do início do século XX, com o crescimento das pesquisas sobre os átomos, descobriu-se que o número atômico era um parâmetro melhor que o peso atômico para basear a Lei Periódica (KAJI, 2003). Bem como, ao passo 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, não podendo ser resumida a Mendeleev e ao ano de 1869. Inclusive, se forem levados em consideração os estudos 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 estaria em desenvolvimento (GARCIA, 2019).

Uma segunda questão que pode ser levantada a partir dos estudos relacionados com a Tabela Periódica é a inseparabilidade dos contextos da descoberta e da justificativa. Mendeleev desenvolveu sua Lei Periódica enquanto escrevia um manual científico sobre química inorgânica. A motivação para o desenvolvimento de uma Tabela com um código que organizasse os elementos a partir de suas características físico-químicas veio da forma como ele estava organizando os capítulos de seu livro² (BRITO; RODRIGUEZ; NIAZ, 2005; KAJI, 2003). Ele selecionava elementos que possuíam características semelhantes e os explorava juntos em capítulos que abrigavam esses grupos. Contudo, em um dado momento, acabaram as combinações já conhecidas de elementos e Mendeleev não sabia como prosseguir seu livro. Foi então que focou seu trabalho em buscar uma relação generalizadora que apontasse para as características semelhantes dos elementos químicos. Uma das estratégias que utilizou para tentar fazer tais relações foi buscar uma analogia com um jogo que usufruía como lazer, a saber, o jogo denominado *paciência*. 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 (nome típico da época) e deixou alguns espaços em branco para elementos que seriam posteriormente descobertos, os quais descreveu com precisão suas características físico-químicas (BENSAUDE-VINCENT, 1986).

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 os aspectos subjetivos e lógicos presentes no exemplo, como a inspiração em um jogo e a quantificação das relações periódicas, respectivamente. Outro aspecto que vale chamar a atenção é o contexto de incentivo à pesquisa e a aceitação da Tabela na Rússia e na Alemanha na época: 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 atômicamente, o que na época era muito discutido, havendo disputas teóricas entre vários estudiosos. Na França, por exemplo, havia opiniões divergentes a dos estudiosos dos dois países citados anteriormente: em geral, defendiam a teoria do equivalente para a pesagem dos elementos. Como no período o instrumental

² É importante lembrar que antes de Mendeleev outros estudiosos já haviam desenvolvido outros tipos de sistematizações para os elementos químicos, como Alexandre de Chancourtois com seu Parafuso Telúrico ou John Newlands com sua Lei das Oitavas, porém sem abranger todos os elementos conhecidos, assim como o químico russo fez. Então, outra motivação de Mendeleev pode também ter sido o conhecimento de outras sistematizações já existentes (SCERRI; WORRALL, 2009).

disponível não permitia um auxílio para a escolha entre as teorias, o que, em grande parte, influenciava a escolha teórica dos cientistas era 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, já que apenas a justificação, o produto final da ciência, seria passível de análise filosófica por estar, idealmente, isento das subjetividades humanas. Contudo, “um conceito não analisado é um conceito desconhecido” (HANSON, 1967, p. 321, tradução dos autores). 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 que possui. 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. A historiografia contemporânea e a moderna filosofia da ciência mostraram justamente o contrário: as descobertas científicas são passíveis de análises filosóficas e a humanidade inerente a ciência não é uma característica que deve ser eliminada; ela faz parte de sua natureza e não lhe é prejudicial (HANSON, 1967, KUHN, 2018).

Norwood Hanson: tipos e categorias de descobertas científicas

Em seu artigo, “An Anatomy of Discovery” (1967), Hanson descreve e exemplifica alguns tipos e categorias de descobertas científicas. Ele argumenta sobre a importância conceitual e epistemológica de um processo de descoberta, enfatizando a relevância de sua análise filosófica. Assim, com o intuito de “delinear diversos graus de complexidade conceitual e perplexidade em relação a essa noção de descoberta” (HANSON, 1967, p. 324, tradução dos autores), ele discorre sobre a descoberta de *um X*, de *X*, *daquele X* e de *X como Y* e também sobre as categorias de descoberta *pluzze-out*, *subsume and reticulate*, *trip-over* e *back-into*.

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 nos elementos previstos por Mendeleev durante o desenvolvimento da Tabela Periódica e que foram posteriormente sintetizados por outros estudiosos, que puderam concluir que eles possuíam as características que o químico russo havia sugerido. Três desses elementos previstos por Mendeleev e 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 sucediam 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 na época (BENSAUDE-VINCENT, 1986). Alguns anos depois, esses elementos foram sintetizados por outros estudiosos: o *eka-aluminum* foi obtido em 1875 por Paul Émile Lecoq de Boisbaudran e passou a ser conhecido como Gálio; o *eka-borium* foi sintetizado por

³Serão postos entre parênteses exemplos mais gerais dos tipos de descoberta para dar uma noção mais imediata do que se trata.

Lars-Frederik Nilson em 1879 e hoje é nomeado Escândio; já o *eka-silicon* foi sintetizado 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 ilustra a descoberta *pluzze-out* (decifrar). Nessa categoria, as descobertas são feitas a partir de uma espécie de resolução de quebra-cabeças, isto é, os cientistas antecipam (no sentido de prever) aquilo que virão a descobrir.

A *descoberta de X*, refere-se a um processo ou um fenômeno que não são locais. Para exemplificar esse tipo de descoberta é possível citar 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 *subsume and reticulate*, que se relaciona a descobertas generalizantes, de modo que fenômenos já 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). Um outro exemplo histórico bastante conhecido e que pode ser utilizado tanto para exemplificar a *descoberta de X* como uma descoberta *subsume and reticulate* é a Gravitação Universal por Newton, já que ela também é a explicação geral de um fenômeno e a união (diga-se generalização) do entendimento dos eventos mecânicos celestes e terrestres (HANSON, 1967).

Aquelas descobertas que são muito específicas, ou seja, com traços bem particulares de certos objetos ou processos, são denominadas de *descobertas daquele X*, na perspectiva hansoniana. Nesse caso, é pertinente citar as correções 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 periódicas que deveriam ter. Com isso, ele concluiu que o problema não estava em sua Lei Periódica, mas com os pesos atômicos conhecidos. O que fez para resolver isso foi determinar que tais elementos possuíam outros pesos atômicos e, assim, seus locais e propriedades físico-químicas ficaram coerentes na Tabela Periódica. Uma das trocas de pesos atômicos que ficou mais conhecida foi a inversão dos pesos do Iodo e do Telúrio, que já eram dois elementos químicos bem conhecidos na época. Ao longo das décadas que seguiram à publicação da Tabela Periódica de Mendeleev (1869), os novos pesos atômicos foram sendo verificados (BENSAUDE-VINCENT, 1986). Vale destacar 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 também falou sobre outro tipo de descoberta científica, que denominou de *descoberta de X como Y*. Esse tipo de descoberta envolve a observação de um fenômeno, um corpo ou objeto que leva a um desentendimento na sua classificação/categorização, 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 sintetizá-lo em ambiente terrestre (assim como havia acontecido com o Hélio) e buscando entender suas características físico-químicas (ROBINSON, 2007). Cientistas como John W. Nicholson realizaram estudos buscando explorar as propriedades do Nebúlio (NICHOLSON, 1911). Contudo, ao longo dos avanços dos estudos espectroscópicos no século XX, em grande parte ocasionados pela física quântica, descobriu-se que a linha do Nebúlio era, na verdade, 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, os cientistas descobriram um novo elemento químico que, depois, foi entendido como uma linha espectral do Oxigênio, um elemento conhecido há bastante tempo pelos estudiosos.

Para mais, Hanson denominou de *trip-over* a categoria que se refere aos tipos de descoberta que ocorrem como um “tropeço”, isto é, o estudioso não antecipa aquilo que descobrirá, por isso é como se tropeçasse naquilo que é descoberto. Contudo, é importante ressaltar que, quando o cientista se depara com uma descoberta nesse sentido, para que possa observá-la (nesse caso, observar vai além do estímulo sensorial da retina no olho), 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 teóricas. 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 que realizou. Após conseguir o sólido ceroso, Brand estudou-o e descreveu suas características, percebendo que não havia algo parecido registrado. Ao reconhecer seu caráter volátil, viajou por diversos países da Europa para exibir seu novo achado.

Vale enfatizar que, como vem sendo discutido ao longo deste trabalho, nem sempre as descobertas são eventos marcados pontualmente no espaço e no tempo e realizadas apenas por um estudioso. No caso do Fósforo, Brand realizou os procedimentos de obtenção e divulgou seu achado pela Europa. Contudo, ele não revelou seus processos de produção do Fósforo e o sólido ceroso contendo o elemento não era tão puro quanto se podia esperar. Como sinaliza a historiadora da ciência Mary Elvira Weeks, a descoberta do Fósforo, os seus meios de obtenção e os aperfeiçoamentos de pureza das amostras também estão ligados a nomes como Daniel Krafft, Johann Kunckel, Robert Boyle, Wilhelm Homberg e até mesmo Gottfried Leibniz (WEEKS, 1956).

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 amarela 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 amarela que surgiu no espectrômetro. Essa linha espectral era tão inesperada por ele, que o fez resistir a essa observação em um primeiro momento, desconfiando da pureza da amostra e do funcionamento da instrumentação (MOORE, 1921). É nesse ponto que seria válido ressaltar a resistividade 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 as 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, trip-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).

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, são inadequadas perante a moderna filosofia e historiografia da ciência.

Livros didáticos e manuais científicos muitas vezes apresentam uma reconstrução da ciência que a torna 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 (MATTHEWS, 1995; PEDUZZI, 2001; FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2011; DAMASIO; PEDUZZI, 2018), que possa ajudar os alunos a identificarem como anedotas científicas episódios como o da torre de Pisa, envolvendo Galileu, ou o Sonho de Mendeleev.

Essa 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 — pode ser feita a partir da história da ciência (RAICIK; PEDUZZI, 2016; 2020). Conforme se procurou mostrar neste ensaio, é possível (e necessário) que se discuta os conceitos apresentados sobre as estruturas das descobertas científicas a partir de episódios históricos, como o da descoberta do oxigênio ou da Lei Periódica. Embora não discutido aqui, o caso da descoberta do elemento químico Oganessônio ($Z=118$) é um outro exemplo que pode e merece ser devidamente explorado. Isso porque, esse elemento químico é reconhecido pela comunidade científica e pelo grupo de pesquisas que o descobriu, porém não há consenso sobre o grupo de elementos em que ele deve estar. Há, inclusive, uma resistência por parte do grupo de pesquisas que o descobriu em aceitá-lo como um gás nobre, que é o que ele seria caso se enquadrasse à Lei Periódica como os outros elementos químicos (GARCIA, 2019; CHAPMAN, 2018). Então, a partir disso, seria possível dizer que essa é uma descoberta back-into? Será que os estudiosos já sabem a natureza desse elemento químico e, assim, será que efetivamente o descobriram no sentido kuhiano ou hansoniano? Esses são questionamentos que ficarão para uma expansão do trabalho.

Importa ainda salientar que, 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 minuciosamente.

Para finalizar, importa ressaltar que “a compreensão de uma descoberta científica ultrapassa a reconstrução lógica da investigação científica. O seu entendimento requer uma abordagem integrada entre história e filosofia da ciência” (RAICIK; PEDUZZI, 2016, p. 170). Isso implica na necessária preparação de docentes ainda em sua 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 ainda 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 e apoios

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

Referências

BACHELARD, G. **Pluralismo coerente da química moderna**. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2009.

- BENSAUDE-VINCENT, B. Mendeleev's periodic system of chemical elements. **The British Journal for the History of Science**, v. 19, p. 3-17, 1986.
- CHAPMAN, K. The oganesson odyssey. **Nature Chemistry**, v. 10, n. 7, p. 796-796, 2018.
- DAMASIO, F.; PEDUZZI, L. O. Q. Para que ensinar ciência no século XXI? - Reflexões a partir da Filosofia de Feyerabend e do ensino subversivo para uma Aprendizagem Significativa Crítica. **Ensaio**, v. 20, e2951, 2018.
- FORATO, T. C. M., PIETROCOLA, & M., MARTINS, R. A. Historiografia e Natureza da Ciência em sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.
- GARCIA, R. A encruzilhada da Tabela Periódica. **Revista Fapesp**, n. 277, p. 60-63, 2019.
- GIL PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.
- HANSON, N. R. An Anatomy of Discovery. **The Journal of Philosophy**, v. 64, n. 11, p. 321-352, 1967.
- KAJI, M. Mendeleev's discovery of the periodic law: the origin and the reception. **Foundations of Chemistry**, v. 5, n. 1, p. 189-214, 2003.
- KRAGH, H. The Solar Element: A Reconsideration of Helium's Early History. **Annals of Science**, v. 66, n. 2, p. 157-182, 2009.
- KUHN, T. S. **A tensão essencial: estudos selecionados sobre tradição e mudança científica**. 1. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2011.
- KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. 13. ed. São Paulo: Perspectiva, 2018.
- KWOK, S. Unexplained spectral phenomena in the interstellarmedium: an introduction. **Astrophysics Space Science**, v. 366, n. 7, p. 1-4, 2021.
- MAAR, J. H. **Pequena História da Química**. 1. ed. Florianópolis: Papa Livros, 1999.
- MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.
- MOORE, R. B. Helium: its history, properties, and commercial development. **Journal of the Franklin Institute**, v. 191, n. 2, p. 145-197, 1921.
- NICHOLSON, J. W. The Spectrum of Nebulium. **Royal Astronomical Society**, v. 72, p. 49-64, 1911.
- OKI, M. C. M. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 1072-1082, 2009.
- PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da História da Ciência. In: Pietrocola, M. (Org.). **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.
- PEDUZZI, L. O. Q.; RAICIK, A. C. Sobre a Natureza da Ciência: asserções comentadas para uma articulação com a História da Ciência. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 2, p. 19-55, 2020.

RAICIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma discussão acerca dos contextos da descoberta e da justificativa: a dinâmica entre hipótese e experimentação na ciência. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 18, n. 1, p. 132-146, 2015.

RAICIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. A estrutura conceitual e epistemológica de uma descoberta científica: reflexões para o ensino de ciências. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 2, p. 149-176, 2016.

REICHENBACH, H. **Experience and Prediction**. 1. ed. Chicago: University of Chicago Press, 1938.

ROBINSON, K. **Spectroscopy: the key to the stars**. Nova Iorque: Springer, 2007.

SCERRI, E.; WORRALL, J. Prediction and the Periodic Table. **Studies in History and Philosophy of Science**, v. 32, n. 3, p. 407-452, 2001.

WEEKS, M. E. **Discovery of the elements**. 6. ed. Easton: Mack Printing Company, 1956.

