

A TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS: COMBINANDO HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO REMOTO

THE PERIODIC TABLE OF ELEMENTS: COMBINED HISTORY OF SCIENCE AND REMOTE TEACHING

Iago Ferreira Espir¹

Deividi Marcio Marques²

Resumo: O artigo tem como objetivo a apresentação e a discussão de uma proposta didática cujo foco foi a incorporação de fatos históricos sobre as ideias de classificação dos elementos químicos que ocorreram ao longo dos séculos XIX e XX. A proposta foi elaborada para o desenvolvimento em turmas do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública de um município mineiro. No entanto, com as restrições sociais impostas pela pandemia do SARS-COV-2, a proposta teve que ser reelaborada de modo a atender as recomendações sanitárias e as propostas impostas de ensino e aprendizagem da Secretaria Estadual de Educação de Minas Gerais. Os resultados apontam que os estudantes elaboraram diferentes estratégias, usando determinadas características fornecidas, para classificar 18 dos elementos químicos conhecidos. Além dos resultados que apresentamos neste artigo destacamos as mudanças, as dificuldades e as possibilidades do trabalho docente frente ao ensino remoto concomitante às políticas públicas educacionais do Estado de Minas Gerais.

Palavras-chave: Ensino de Química; Tabela Periódica; Classificação dos Elementos Químicos.

Abstract: The goal of this paper is to present and discuss a didactic proposal whose focus was the incorporation of historical facts about the ideas of classification of chemical elements that occurred throughout 19th and 20th centuries. The proposal was designed for the development in classes of the first year of high school in a public school in a municipality in Minas Gerais. However, with the social restrictions imposed by the SARS-COV-2 pandemic, the proposal had to be reworked in order to meet the health recommendations and the imposed teaching and learning proposals of the Minas Gerais State Department of Education. The results show that students developed different strategies, using certain characteristics provided, to classify 18 of the known chemical elements. In addition to the results presented in this article, we highlight the changes, difficulties and possibilities of teaching work in the face of remote teaching concomitant with public educational policies in the State of Minas Gerais.

Keywords: Chemistry Teaching; Periodic Table; Classification of Chemical Elements.

1 Ensino de Química e a Tabela Periódica dos Elementos

¹ Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo Programa de Pós-graduação – mestrado profissional, em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Professor da Educação Básica, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: iagoespirsnt@hotmail.com.

² Doutor em Educação para a Ciência pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Professor do Magistério Superior, Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: deividi@ufu.br.

O Ensino de Química se apresenta cada vez mais desafiador para quem se propõe ao exercício deste ofício, uma vez que o mundo passa por contínuas mudanças na forma como conhecimentos e informações são construídos, transmitidos e assimilados por todos. Na era da tecnologia “[...] ele [o professor] necessita se reinventar para tornar suas aulas atrativas em benefício à aprendizagem dos alunos” (SILVA, 2019, p. 14).

Este ofício se torna mais evidente ao considerar que a natureza do trabalho do(a) professor(a) de Química é inserir e incorporar os estudantes num mundo que, para eles, parece totalmente abstrato e teórico, assim como as especificidades apresentadas pela Química Escolar na representação de fenômenos, das substâncias e a transformação da matéria. Segundo Cunha (2019, p. 17), é necessário repensar as estratégias de ensino que levem o estudante a conhecer, reconhecer e saber utilizar os conhecimentos químicos adquiridos, uma vez que a “[...] memorização indiscriminada de símbolos, fórmulas e nomes de substâncias precisam ser evitadas, já que não contribuem para o desenvolvimento de competências e habilidades desejáveis no ensino médio”. Neste sentido, alternativas têm sido buscadas.

Dentre os conceitos e conteúdos na Química que parecem ser historicamente trabalhados de forma memorizada ou similar está a Tabela Periódica dos Elementos e, neste contexto, nos pareceu interessante em buscar estratégias diferenciadas de ensino. Para Penteado, Oliveira e Zacharias (2010), o ensino de Tabela Periódica é

[...] um caso bem particular do ensino tradicional de Química, onde os alunos, por vezes, deparam-se com a árdua tarefa de ter que decorar os nomes dos elementos químicos e as propriedades periódicas, tornando este processo muito cansativo e massacrante (PENTEADO, OLIVEIRA; ZACHARIAS, 2010, p. 3).

Os autores deixam a entender que essa forma de ensinar esse conteúdo deveria ser repensada, uma vez que a Tabela Periódica é um instrumento de elevada importância à Química e ao seu ensino, sendo uma representação gráfica de “[...] uma Lei Periódica que observa regularidades na variação de propriedades físicas e químicas dos diferentes elementos” (TARGINO; BALDINATO, 2016, p. 3).

Em trabalho publicado, Espir, Epoglou e Marques (2019) notaram, a partir da leitura e discussão dos documentos que regem/regeram os conteúdos ensinados nas aulas de Química no Ensino Médio, que existe uma preocupação com as discussões históricas que devem ser abordadas. Isso é um discurso que faz sentido se pensarmos

que os conceitos e conteúdos que devem ser contemplados à luz da Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2017) e, mais antigo, aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, 2000), são posteriores ao século XVIII. Neste sentido, trazer à tona episódios históricos sobre a compreensão em relação à natureza da matéria, se justifica sua incorporação nas aulas de Química, inclusive, na Educação Superior, sobretudo nos cursos de formação de professores.

Nestes documentos consultados, percebe-se a preocupação com a forma como os estudantes compreendem a Química. Segundo os PCN, o conhecimento químico não deve ser entendido – e, conseqüentemente, não deve ser apresentado também – como um conjunto de ideias prontas e acabadas; antes, tal conhecimento “[...] é uma construção da mente humana, em contínua mudança” (BRASIL, 2000, p. 31). É neste momento que a História da Química nos mostra como parte do conhecimento socialmente produzido e que deve permear todas as etapas do Ensino de Química, “[...] para possibilitar aos alunos esta compreensão do processo de elaboração do conhecimento químico” (ESPIR; EPOGLOU; MARQUES, 2019, p. 2).

Tendo, portanto, a importância e a busca de novas estratégias para o ensino da Tabela Periódica que possa valorizar e explorar seus aspectos históricos, o artigo apresenta uma proposta, a aplicação e resultados cujos objetivos foram a valorização do contexto e das ideias acerca da necessidade e da classificação dos elementos químicos ao longo dos séculos XIX e XX. Pela importância atribuída à Tabela Periódica por parte dos químicos em geral e pela própria IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada)³ e considerando que a proposta é parte de uma pesquisa de mestrado profissional, o artigo também visa contribuir ao aprofundamento da leitura e a replicação da proposta pelos professores da Educação Básica e estudantes dos cursos de graduação.

2 A História da Ciência: pesquisa no e para o Ensino de Química

A História da Ciência se consolidou nos últimos anos como parte importante da formação dos profissionais da área de Química (ESPIR; EPOGLOU; MARQUES, 2019). Tanto para o bacharel quanto ao licenciado essa área do conhecimento é lida

³ O ano de 2019 foi proclamado pela UNESCO como o Ano Internacional da Tabela Periódica (International Year of Periodic Table of Chemical Elements (IYPT 2019) em homenagem aos 150 anos da proposta de classificação periódica dos elementos químicos do russo Dmitri Ivanovic Mendeleev

como necessária à formação de profissionais capazes de “[...] questionar situações, sistematizar problemas e buscar criativamente soluções” (BRASIL, 2001, p. 2).

Considerando a importância dada pelos documentos que regem o Ensino de Química, a História da Ciência pode contribuir a compreensão de determinados conceitos e ideias na Química de forma a contextualizar seu ensino, uma vez que a História da Ciência é tida como “[...] o estudo da(s) forma(s) de elaboração, transformação e transmissão de conhecimentos sobre a natureza, as técnicas e as sociedades, em diferentes épocas e culturas” (BELTRAN, SAITO; TRINDADE, 2014, p. 15); ou seja, são estes estudos que oferecem a compreensão e a contextualização do conhecimento, além de “desmistificar” este conhecimento.

Ainda neste consenso, Silva (2019, p. 18) nos traz que:

[...] A utilização da História da Ciência nas aulas de química seria uma forma diferente de mostrar para os alunos como funciona o “fazer científico”, que os nomes citados nos Livros Didáticos (LD) foram de pessoas comuns como nós, que sofrem influência direta do meio em que vive. A maneira como esses nomes são tratados nos LD nos dá a impressão de que eles viviam sozinhos e isolados da sociedade, assim como afirma Martins (2008), que nos dá a falsa impressão de que a ciência é algo fora do nosso tempo, que ela surge de forma mágica e que está isolada das outras atividades humanas.

Conforme mencionado, as Diretrizes Nacionais para os Cursos de Química colocam a capacidade de “[...] reconhecer a Química como uma construção humana e compreender os aspectos históricos de sua produção e suas relações com os contextos culturais, socioeconômico e político” (BRASIL, 2001, p. 6) como algo fundamental tanto para um licenciado quanto para bacharel em Química. Quando aprofundam a discussão para a formação pessoal dos licenciados, percebemos a orientação para que os profissionais da área sejam formados para terem “[...] uma visão crítica com relação ao papel social da Ciência e à sua natureza epistemológica, compreendendo o processo histórico-social de sua construção” (BRASIL, 2001, p. 2).

Importante ressaltar que essa busca por uma abordagem mais histórica no Ensino de Química não é algo recente. Como apontado por Marques (2015), desde a Reforma Educacional de 1931, chamada também de *Reforma Francisco Campos*⁴, tem-se um apontamento para a necessidade da “introdução de elementos da História da Química” (*ibid.*, p. 2) nas aulas de Química, mesmo que em uma visão positivista da Ciência:

⁴ Segundo o autor, essa reforma foi importante, pois a Química passou a ser ministrada de forma regular no Ensino Secundário.

Ao professor ainda compete referir, abreviadamente a propósito das descobertas mais notáveis na química, a evolução dos conhecimentos fundamentais através do tempo, revelando aos alunos os grandes vultos da história, a cuja tenacidade e intuição deve a civilização contemporânea, além da satisfação espiritual de dilatar o conhecimento do mundo objetivo, o concurso dos processos químicos em benefício da saúde, das comodidades da vida, da defesa e do desenvolvimento das nações (CAMPOS, 1942, *apud* MARQUES, 2015, p. 2)

Percebe-se, então, que já se via a História da Química como importante no contexto da escolarização brasileira, sendo esta responsável por mostrar aos estudantes “[...] como se daria os avanços, as descobertas e a “evolução” das ideias que resultariam nos últimos conhecimentos a serem ensinados” (MARQUES, 2015, p. 2). Tal visão era coerente com o pensamento historiográfico da época que, segundo Beltran (2013), era buscar no passado os subsídios para confirmar os conhecimentos tidos como certos no presente, nomeando os precursores (os “pais”) de cada área. Só vemos novas perspectivas sobre a incorporação da História da Ciência no Ensino a partir da década de 1960, cujo surgimento de pesquisas em Ensino de Ciências, o reconhecimento e a aplicação das teorias de Vygotsky e Piaget (dentre outros) para o ensino e a institucionalização de grupos de pesquisas específicos e eventos da área.

Como apontado em por Espir, Epoglou e Marques (2019), os PCN⁵, trazem a ideia de que os conhecimentos químicos devem acontecer de forma a mostrar como uma construção humana em contínua mudança. Ainda destacamos, ao olhar as Orientações Complementares ao PCN (PCN +), que há uma preocupação de que o estudante tenha compreensão e domínio da contextualização sociocultural, sendo isto a “[...] inserção do conhecimento disciplinar nos diferentes setores da sociedade, suas relações com os aspectos políticos, econômicos e sociais de cada época e com a tecnologia e cultura contemporâneas” (BRASIL, 2002, p. 88 - 89).

Com isso, podemos inferir que a elaboração de aulas, estratégias didáticas e projetos no ensino de Química na Educação Básica, pelo viés histórico, é de grande valia na construção desta compreensão e domínio da contextualização sociocultural. Conforme Acevedo-Díaz, García-Carmona e Aragão (2017, p. 14), a História da Ciência também é adequada para ensinar o que os autores chamam de Natureza da

⁵ Apesar de considerarmos defasados frente as mudanças educacionais e nas políticas de formação de professores, os PCN ainda estão em vigência, não tendo sido substituídos pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Ciência⁶, uma vez que ela “[...] mostra de maneira explícita os aspectos da Natureza da Ciência e permite uma reflexão crítica sobre eles”.

Contudo, é necessário discutir que, apesar da defesa na incorporação de elementos da História da Ciência no ensino, há certa carência de materiais disponíveis para consulta, sobretudo, em Língua Portuguesa. Realizando buscas por trabalhos e pesquisas em periódicos que lidam com a interface entre História da Ciência e Ensino de Química (mais especificamente nos últimos dez anos) encontra-se poucas pesquisas que relacione a elaboração e a aplicação de propostas didáticas. Mesmo sendo poucas, ainda há relatos exitosos. Martorano, Carmo e Marcondes (2013), por exemplo, relatam uma experiência da utilização de um documento histórico, com descrições de estudos de um cientista – Ludwig Ferdinand Wilhelmy, que se empenhou na relação entre velocidade de reação química e concentração da substância com uma reação de inversão de sacarose, usando ácido nítrico como catalisador e aproveitando as diferentes polarizações da luz de cada um dos isômeros. O objetivo desta abordagem foi discutir o contexto da construção deste conceito, pois havia dificuldade por parte dos estudantes da Educação Básica em compreender o conceito de velocidade de uma reação química, principalmente na interpretação dos dados experimentais, ou seja, na interpretação e entendimento do fenômeno.

Barp (2013) também nos traz uma experiência com o uso de textos como forma de contextualização histórica na abordagem do tema radioatividade. A autora inicia com uma roda de conversa para levantar concepções prévias dos estudantes da Educação Básica sobre o assunto; em seguida usa o artigo “Como Becquerel não Descobriu a Radioatividade”⁷, a fim de contextualizar os estudos do casal Curie a partir da “falha” dos estudos de Becquerel; por fim, foram feitas duas aulas de discussão, com perguntas preestabelecidas para uma roda de conversa, de forma a abordar o que os estudantes compreenderam a partir da leitura do texto, principalmente o que mudou de suas concepções prévias de antes do texto para esse momento pós-leitura.

Com esta abordagem, Barp (2013) busca não apenas discutir sobre radioatividade, como também em aprofundar com concepções alternativas tidas pelos

⁶ Ainda que não haja consenso na expressão e no entendimento do que seria a “Natureza da Ciência” por parte de pesquisadores da área, utilizamos, neste artigo, a ideia de gênese dos conhecimentos acerca dos conhecimentos da matéria. Vide: SAITO, F., BELTRAN, M.H.R., Algumas Propostas para Contribuir na Formação do Cidadão Crítico IN: BELTRAN, M.H.R., TRINDADE, L.S.P. **História da Ciência e Ensino: Abordagens Interdisciplinares**, Livraria da Física, São Paulo, 2018.

⁷ MARTINS, R.A. **Como Becquerel não descobriu a radioatividade**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 7, p. 27-45, 1990.

estudantes acerca da Ciência (considerando o que faz sentido para eles em vez daquilo que é aceito pela comunidade científica). Segundo a autora, a partir dos depoimentos e das conversas com estes estudantes, a abordagem realizada foi fundamental aos estudantes entenderem que, sem os experimentos de Becquerel (mesmo tendo cometido falhas), dificilmente haveria o interesse de outros cientistas pelo assunto, inclusive por Marie Curie. Com essa estratégia, além de ensinar radioatividade, trabalhou-se com as concepções dos estudantes sobre a própria ciência.

As pesquisas descritas são dois exemplos de alguns registros na área, focando na incorporação da História da Ciência no Ensino de Química e que podem contribuir para que professores e futuros professores adotem essas estratégias em suas práticas

3 Alguns apontamentos sobre a elaboração de uma classificação dos elementos químicos

Autores como Flôr (2005), Luca e Vieira (2013), Luca *et al* (2015), Targino Baldinato (2016) e Zerger *et al* (2016) indicam alguma importância para a Tabela Periódica enquanto instrumento que nos mostra a classificação periódica, e conseqüentemente, a Lei Periódica, sendo esta importância muitas vezes atrelada ao Ensino de Química mas, ao mesmo tempo, ao pouco conteúdo histórico presente nestes manuais. Em relação a Lei Periódica, para Scerri (2020), tem como princípio a repetição de determinadas propriedades com certa regularidade. Tolentino, Rocha-Filho e Chagas (1997, p. 14) já nos anos finais da década de 1990, destacaram a tabela como uma “Enorme utilidade no ensino de Química”, isto por causa da classificação periódica ser fruto de uma sólida base experimental e ser uma grande construção do conhecimento humano. Por causa disso consideramos que a abordagem do conteúdo *Lei Periódica* (e a sua representação na forma da Tabela Periódica), nas aulas de Química para o Ensino Médio deve ser abordado de forma “[...] mais problematizada, sem se limitar à memorização de informações” (TARGINO, 2017, p. 20).

Quando se buscam trabalhos relacionados ao ensino da Lei Periódica encontra-se com frequência pesquisas que se preocupam como o livro didático apresenta este conceito e conteúdo. Destacamos dois trabalhos: o de Targino (2017) e Targino e Baldinato (2016). No primeiro é destacado que nos livros didáticos a Lei Periódica⁸

⁸ Os trabalhos citados não especificam, mas por experiência dos autores em sala de aula podemos afirmar que os livros destacam a Lei Periódica em função do peso atômico, segundo os trabalhos do Mendeleev,

aparece após o tema *Modelos Atômicos*. A autora afirma que a ordem parece necessária, já que o seu ensino (mediante o uso da Tabela Periódica) costuma usar conceitos geralmente aprendidos quando se estuda os modelos atômicos (prótons, nêutrons e elétrons) para que o estudante compreenda a organização periódica da tabela pelas propriedades do átomo (TARGINO, 2017). Já no segundo, que objetivou analisar a abordagem histórica da Lei Periódica nos livros didáticos de Química das coleções aprovadas no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2011, percebe-se que o conteúdo geralmente aparece nos livros de primeiro ano do Ensino Médio – ou volume 1 das coleções (TARGINO; BALDINATO, 2016). Percebemos, assim, a Lei Periódica sendo contemplada frequentemente dentre os conteúdos do primeiro ano do Ensino Médio.

Sobre o ensino da Lei Periódica estar concatenado aos modelos atômicos, é possível observar que a relação pode se dar de duas formas diferentes: tanto ela pode ser usada para se desenvolver a aprendizagem de modelos atômicos, quanto pode-se usar os modelos atômicos para trabalhar as propriedades periódicas e explicar a classificação dos elementos químicos (EICHLER; DEL PINO, 2000, p. 838 *apud* TARGINO, 2017, p. 21). Além disso, um aspecto fundamental do ensino da Lei Periódica como entendida hoje é justamente focar em uma propriedade fundamental e explicativa.

Targino e Baldinato (2016) nos mostram que o tema é abordado de forma geralmente positivista e enciclopédico e apresenta várias “lacunas” históricas para uma melhor compreensão do trabalho realizado por várias pessoas para se chegar ao conhecimento existente hoje. Dentre os 5 livros analisados pelos autores, percebe-se o padrão de não se mencionar elementos importantes para o entendimento do contexto da proposição da Lei Periódica, como o Congresso de Karlsruhe e a atividade de divulgação de Cannizzaro, ou a citação de alguns nomes de cientistas considerados os mais importantes para a construção da Tabela Periódica, sendo Mendeleev (o mais citado), de Chancourtois, Newlands e Döbereiner os únicos citados em todos, e só Mendeleev sendo citado junto à seus trabalhos detalhados e sua importância para a construção do tema. Moseley e Meyer também são citados em mais de um livro didático, fato que comprova a visão positivista que Targino (2017) usa para descrever a abordagem do tema nos livros, sendo focado, prioritariamente, em Mendeleev e seu trabalho sem considerar todo contexto que o levou a elaborar seu trabalho e a outros

em função do número atômico, segundo os trabalhos do Moseley, e a mudança da primeira para a segunda.

indivíduos que igualmente contribuíram para a ideia de uma classificação dos elementos químicos.

4 Percurso metodológico

A elaboração e desenvolvimento da proposta se deu em três etapas, sendo a primeira a elaboração de uma base histórica e pedagógica sólida para a construção da sequência didática a partir da compreensão da relação entre a História da Ciência e o Ensino de Química. Após isso, a segunda etapa (que foi, resumidamente, o cerne da pesquisa): a elaboração da sequência didática sobre a Tabela Periódica, incorporando acontecimentos da sua história, sobretudo na ideia de uma classificação dos elementos químicos baseado em suas propriedades físicas e químicas. A terceira parte da proposta foi o desenvolvimento da sequência didática em turmas de 1º ano do Ensino Médio e sua subsequente análise.

Houve a necessidade de adaptação da sequência didática após sua elaboração, em decorrência do surgimento da pandemia do novo Coronavírus (Sars-Cov-2). Nesse cenário, as aulas presenciais foram suspensas em março de 2020 e as atividades remotas de caráter emergencial foram iniciadas em maio de 2020 para a rede estadual de Minas Gerais⁹, seguindo as Diretrizes Nacionais¹⁰. A Secretaria Estadual de Educação adotou o plano denominado “Estude em Casa”, cujos conteúdos foram elaborados e disponibilizados periodicamente por meio de um Plano de Estudo Tutorado – PET, sendo impostas as aulas e atividades a serem realizadas pelos estudantes de modo remoto¹¹. Portanto, o planejamento inicial da sequência didática foi alterado e adaptado à sua realização totalmente remota, de forma que os estudantes enviaram fotos das atividades realizadas nos seus cadernos e mensagens para o professor pesquisador via *Google Classroom*.

A partir dos contatos do professor pesquisador com os estudantes via *Google Meet*, *Google Classroom*, o aplicativo oficial da SEE-MG, o Conexão Escola (junto de

⁹ DOM TOTAL. Aulas remotas na rede estadual de ensino de MG terão início na próxima segunda-feira. Belo Horizonte, 13 de maio de 2020. Disponível em: <<https://domtotal.com/noticia/1444129/2020/05/aulas-remotas-na-rede-estadual-de-ensino-de-mg-terao-inicio-na-proxima-segunda-feira/>>. Último acesso em janeiro de 2021.

¹⁰ MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. CNE aprova diretrizes para escolas durante a pandemia. Brasília, 28 de abril de 2020. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/busca-geral/12-noticias/acoes-programas-e-projetos-637152388/89051-cne-aprova-diretrizes-para-escolas-durante-a-pandemia>>. Último acesso em janeiro de 2021.

¹¹ Estude em Casa. Secretaria de Educação do Estado de Minas Gerais – SEE-MG. Belo Horizonte. Disponível em: <<https://estudeemcasa.educacao.mg.gov.br/>>. Último acesso em janeiro de 2021.

suas eventuais anotações) e dos textos produzidos pelos estudantes, foi possível obtenção dos dados para análise. A organização e análise dos dados foram feitas conforme a sugestão de Lüdke e André:

Depois de organizar os dados, num processo de inúmeras leituras e releituras, o pesquisador pode voltar a examiná-los para tentar detectar temas e temáticas mais frequentes. Esse procedimento, essencialmente indutivo, vai culminar na construção de categorias ou tipologias (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 42).

Desta forma, os dados foram organizados em categorias criadas após as análises. Para os propósitos deste artigo, vamos analisar as categorias: *i. Em relação à sequência didática*: a aprendizagem do conteúdo pelos estudantes, a compreensão dos contextos histórico e científico na organização e desenvolvimento da Tabela Periódica e; *ii. Em relação à organização das respostas dos desafios propostos aos estudantes*.

Importante destacar que nenhum dos estudantes foi identificado ou caracterizado durante a pesquisa preservando, assim, sua identidade e sendo apenas utilizadas suas respostas de acordo com o planejamento da pesquisa. Além disso, os estudantes estavam cientes de que suas respostas seriam utilizadas para uma pesquisa e que os resultados poderiam contribuir para a formação e a proposta de novas metodologias de ensino.

5 Detalhamento da Sequência Didática

A Sequência Didática sobre Tabela Periódica foi desenvolvida em duas semanas, com cinco momentos (aulas) diferentes. Teve início com uma pequena introdução sobre o conceito de elemento químico, propriedades dos átomos e das substâncias químicas. Tal organização se deu pelo fato dos estudantes terem estudado tais conteúdos nas apostilas anteriores (PET 2 e 3 da SEE-MG) e, como o professor pesquisador não teve a autonomia de escolher a ordem das apostilas, foi necessário adotar tal sequência, apesar dos primeiros envolvidos na elaboração de uma tabela ou da Lei Periódica não terem conhecimento das propriedades atômicas que hoje são estudadas, mas sim propriedades dos elementos.

O momento 01 foi finalizado com perguntas acerca das propriedades dos elementos químicos e os estudantes tiveram, como atividade para casa, uma lista com 15 fichas (Figura 1) contendo, em cada uma, o nome, símbolo e características de

diferentes elementos químicos para que propusessem uma organização desses elementos de acordo com essas propriedades que eles julgassem ser a mais coerente.

Berílio – Be	Bromo – Br	Cálcio – Ca
Peso atômico: 9 Metal macio e branco-prateado Não reage em contato com a água Reage ligeiramente em contato com o ar	Peso atômico: 80 Líquido com coloração marrom-avermelhada É relativamente reativo e altamente tóxico Podem ser letais para organismos vivos	Peso atômico: 40 Metal macio e branco-prateado Reage espontaneamente em contato com a água Reage espontaneamente em contato com o ar

Fonte: Os Aautores (2020).

No segundo momento, os estudantes mostraram suas diferentes formas de classificação e suas explicações sobre essa organização proposta. Na sequência, houve a discussão de um texto que reportava sobre as primeiras organizações dos elementos químicos, tratando da percepção que os cientistas envolvidos começaram a ter de propriedades semelhantes de alguns elementos químicos e as tentativas de organizá-los em grupos. Também foi apresentada a tabela de elementos de Lavoisier (que não demonstra uma periodicidade dos elementos) e as Tríades de Döbereiner.

O terceiro momento, foi discutida a periodicidade, isto é, a repetição periódica de algumas propriedades dos elementos químicos. Na aplicação *on-line* desta aula os estudantes foram desafiados a realizar uma nova organização dos elementos, mas adicionando mais 3 novos elementos (dezoito, no total) e com mais características diferentes nas fichas (Figura 2).

Arsênio – As Peso atômico: 75 É encontrado como um sólido cinza-prateado Existe em pequenas quantidades em combustíveis É um elemento tóxico para os humanos Reage com o Oxigênio na proporção R_2O_3 e R_2O_5 Reage com Hidrogênio na proporção RH_3	Berílio – Be Peso atômico: 9 Metal macio e branco-prateado Não reage em contato com a água Reage ligeiramente em contato com o ar Reage com o Oxigênio na proporção R_1O_1 Tem tendência a reagir com não-metals	Bromo – Br Peso atômico: 80 Líquido com coloração marrom-avermelhada É relativamente reativo e altamente tóxico Podem ser letais para organismos vivos Reage com o Oxigênio na proporção R_2O_7 Tem tendência a reagir com metais
---	--	---

Figura 2: Exemplo de 3 fichas fornecidas aos estudantes no momento 03.
Fonte: os autores (2020).

Neste momento também foram apresentadas as representações de Newlands, Chancourtois, Meyer e Mendeleev, com o objetivo de induzir os estudantes a perceberem a periodicidade de algumas propriedades. A tabela das Oitavas de Newlands e o Parafuso Telúrico de Chancourtois foram apresentados e discutidos, enquanto que as tabelas de Meyer e Mendeleev foram apenas apresentadas. O objetivo específico deste encontro foi tratar da organização periódica dos elementos, o que ainda não tinha sido apresentado.

No quarto momento, os estudantes apresentaram a nova reclassificação das fichas e eles puderam se manifestar sobre essa nova classificação proposta. Em seguida, foi apresentado por meio de uma apresentação em *Power Point* alguns fatos sobre o Congresso de Karlsruhe e a sua importância para os trabalhos que reconhecemos hoje como importantes para a existência da Lei e da Tabela Periódica. Essa apresentação, posteriormente, foi disponibilizada aos estudantes para que pudessem ter esse material para consulta futura.

No último momento, foi tratada das pesquisas de Henry Moseley e a Tabela Periódica atual. Mediante a discussão de um texto elaborado pelo professor discorrendo, em linhas gerais, o trabalho de Moseley sobre a estrutura dos átomos, que resultou na organização da Lei Periódica em função dos números atômicos (diferente da organização do Mendeleev). Esse estudo do trabalho do Moseley foi um ponto de partida para apresentar a organização periódica atual adotada pela IUPAC.

Importante ressaltar que no desenvolvimento *on-line* desta sequência didática, os conhecimentos sobre as diferentes propriedades periódicas (raio atômico, potencial de ionização entre outras) não foi abordada, uma vez que deveria respeitar, também, a sequência dos conteúdos do PET e ser aplicado de acordo com a semana pré-determinada por este material. Em decorrência disso, foi elaborada uma lista de exercícios para que os estudantes pudessem responder, tendo como objetivos: *i.* retomar a ideia de como os estudantes resolveram a questão de classificação das fichas dos elementos químicos e; *ii.* Analisar como os textos contendo fatos da história da classificação dos elementos químicos contribuíram no processo de aprendizagem a importância da Tabela Periódica.

6 Alguns resultados e discussões

A sequência didática elaborada tendo como base alguns fragmentos históricos sobre a Tabela Periódica foi aplicada no período entre setembro e outubro de 2020, de forma virtual e remota em razão das medidas de isolamento social decorrentes da pandemia do novo Coronavírus. A aplicação ocorreu em duas turmas de 1º ano do Ensino Médio, período matutino, em uma escola pública da rede estadual de ensino de Uberaba-MG.

A adaptação das atividades propostas que, inicialmente presencial para o meio remoto, influenciou diretamente, principalmente no envolvimento dos estudantes com as atividades, as quais se destacam: a. a reorganização das aulas para serem realizadas em duas semanas; b. o fato das leituras de textos e momentos de discussão terem sido adaptados para aulas virtuais com auxílio apenas de *slides* e; c. o fato de menos de 20% das turmas participar de todas as aulas e realizar as atividades.

6.1 Em relação à sequência didática e as atividades remotas emergenciais

Conforme Trindade *et al* (2010), o maior obstáculo para os professores é incorporar em suas aulas uma História da Ciência atrelada aos conceitos e conteúdos previstos, uma vez que nos livros didáticos esta aparece separada, evidenciando os grandes cientistas ou suas biografias.

Neste recorte da pesquisa, pudemos perceber que a aplicação da sequência didática os estudantes tiveram um contato maior com os aspectos históricos do surgimento de uma classificação e da construção da Tabela Periódica. Puderam perceber que havia várias propostas de classificação dos elementos químicos até então conhecidos e que esta classificação era baseada em propriedades físicas e químicas destas entidades.

Podemos, portanto, inferir que a proposta permitiu que os estudantes obtivessem conhecimentos acerca do processo de elaboração da ideia de uma classificação dos elementos e que esta classificação foi baseada em situações observáveis que obedecia a critérios determinados pelos seus observadores. Deste modo, o professor além de ensinar sobre as várias classificações, algumas inclusive discutindo a ideia de uma

periodicidade, pode mostrar aos seus estudantes que essas propostas não surgiram por acaso. Assim, concordamos com Kavalek *et al.* (2015, p. 9) ao dizerem que

A maioria dos docentes preocupa-se em conhecer e orientar os educandos em relação aos conceitos em química, porém, não deveriam apenas trabalhar em suas aulas conceitos, teorias, fenômenos, mas, sim a história desses acontecimentos e quais as questões filosóficas envolvidas nesses contextos. A história da química, numa perspectiva filosófica e reflexiva, deve ser aplicada como uma ferramenta para ensinar, pois estudantes envolvem-se com histórias e podem aprender através delas. O discente perceberá, assim, que os químicos que estudaram essas teorias foram seres humanos, que possuíam atitudes humanas, que erravam e acertavam.

A sequência didática também proporcionou aos estudantes uma reflexão sobre a construção da Tabela Periódica, sobretudo na realização dos desafios, o qual tiveram contato com as ideias sobre as diferentes propostas de organizar os elementos químicos até a Tabela Periódica atual, conforme destacado nos trabalhos de Matthews (1995) e Acevedo-Díaz, García-Carmona e Aragão (2017).

Apesar dos aspectos positivos, todavia, foi percebido que a organização das aulas de forma similar ao modelo PET adotado e elaborado pelo Governo do Estado de Minas Gerais trouxe alguns prejuízos à sequência didática originalmente proposta. O fato das aulas serem adaptadas para duas semanas, com a necessidade de colocar os desafios como lista de exercícios da semana fez com que a sequência fosse desenvolvida de forma mais rápida que o planejado, tendo alguns momentos se caracterizasse com muito conteúdo para pouco tempo. Também há o fato dos momentos de leitura e discussão de textos terem sido adaptados às aulas virtuais com auxílio apenas de *slides*, perdendo os principais momentos de contato com as ideias dos estudantes.

As aulas corridas e limitadas a momentos de videochamadas tiveram como consequências: 1º) muitos estudantes perceberam aulas monologadas em vez dos diálogos que a sequência propusera, perdendo momentos de tira-dúvidas, de exposição de ideias, de discussão de ideias com os colegas de sala etc., hábitos que faziam parte do comportamento padrão das turmas; 2º) não realizaram todas as etapas propostas por diferentes motivos: desinteresse pelas aulas *on-line*, dificuldade de acesso nos horários da escola por conflito com outras atividades, dificuldades em acompanhar todas as aulas pelo formato de chamadas de vídeo, a desistência de alguns estudantes do ano letivo ao longo dos meses do regime especial e a falta de acesso à internet.

Apesar da situação pouco agradável, a perda de momentos de interação dos estudantes entre si e com o professor já era algo esperado, visto que o regime requeria o isolamento social. Em junho de 2020, no segundo mês de atividades remotas, já surgiram reportagens de jornais de Minas Gerais relatando dificuldades de estudantes entrevistados em acompanhar todas as aulas no formato adotado. Em uma dessas reportagens¹² uma estudante entrevistada relata: “[...] É um pouco difícil entender a matéria [...] e não é igual à aula presencial, que tem o tempo para tirar dúvidas e pra anotar as coisas. *On-line* você se concentra em anotar e não em entender direito a matéria”.

Lidando com os desafios das aulas remotas em caráter emergencial no Rio Grande do Sul, Santos, Nascimento Júnior e Dias (2020) nos mostram em seu relato de experiência que as mudanças nessa quarentena influenciaram significativamente o trabalho dos professores entrevistados. É entendido que as mudanças são necessárias nesse período especial e que as ferramentas virtuais auxiliam mantendo contato com os estudantes e proporcionando momentos para manter a rotina de aprendizagem escolar, mas as experiências relatadas apontam mais para dificuldades que para soluções nesse período.

A dificuldade em manter a rotina escolar já era prevista antes mesmo do Estado pôr em prática o plano Estude em Casa, conforme notícias de abril de 2020¹³. Podemos acreditar, com isso, que as limitações causadas pela adaptação dos momentos de aula são influência direta da situação de aulas virtuais decorrentes das medidas contra o Coronavírus. Porém, destaca-se que o modelo de PET adotado pelo governo do Estado de Minas Gerais também causou problemas na aplicação da sequência didática planejada. Na matéria acima citada de junho de 2020¹⁴ é destacado que todo planejamento exclui “[...] os professores porque é a Secretaria que produz o material, que cria as questões, que dá as aulas e que está afirmando que este material será cobrado

¹² MENTA, Marina. Alunos e professores relatam dificuldades no ensino à distância em Minas Gerais. **Brasil de Fato**, Belo Horizonte, 23 de junho de 2020. Disponível em: <<https://www.brasildefatomg.com.br/2020/06/23/alunos-e-professores-relatam-dificuldades-no-ensino-a-distancia-em-minas-gerais>>. Último acesso em janeiro de 2021.

¹³ OLIVEIRA, Juliana. Modelo de ensino a distância é desafio durante a pandemia do Coronavírus. **Estado de Minas**, Belo Horizonte, 02 de abril de 2020. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/educacao/2020/04/02/internas_educacao,1134815/modelo-de-ensino-a-distancia-e-desafio-durante-a-pandemia-do-coronavir.shtml>. Acesso em janeiro de 2021.

¹⁴ MENTA, Marina, *op cit*.

em algum momento da vida [...]”. Ou seja, o material prejudica o professor em suprir as necessidades conhecidas de seus estudantes¹⁵.

A queda na participação do número de estudantes também é algo visto ao longo do território do estado. Santos, Nascimento Júnior e Dias (2020), como já citado, relatam a queda do rendimento dos estudantes; no nosso caso há uma queda na frequência dos estudantes nas aulas *on-line* e na entrega de atividades, conforme mostrado na tabela abaixo (tabela 1). Alguns dos estudantes da escola que não participaram da sequência didática (SD) alegaram que durante a pandemia precisaram buscar emprego para ajudar no sustento da casa, precisavam ajudar nas atividades domésticas ou focaram em outras atividades, como o emprego que já tinham, aulas para obtenção de CNH etc. Outros alegaram que não aprendiam nesse formato e que esperariam o retorno das aulas presenciais, mesmo que tivessem que repetir o ano letivo em 2021. Ainda há os que não deram nenhuma justificativa.

Tabela 1: Frequência dos estudantes nas aulas e entregas de atividades antes, durante e depois da aplicação da SD¹⁶

Frequência	Antes da SD (PET 1, 2 e 3)	Durante a SD (PET 4)	Após a SD (PET 4, 5, 6, 7 e 8)
Aulas	Cerca de 60%	Cerca de 20%	Quase 0%
Atividades	Cerca de 60%	Cerca de 10%	Cerca de 40%

Fonte: Os autores (2020).

Essa realidade de diminuição na frequência de estudantes vai ao encontro do relatado por um estudo do Grupo de Estudos sobre Política Educacional e Trabalho Docente da Universidade Federal de Minas Gerais (GESTRADO/UFGM) intitulado “Trabalho Docente em Tempos de Pandemia” (GESTRADO, 2020). De acordo com esse relatório, 46,1% dos estudantes diminuiriam pouco suas participações nas atividades propostas pelos professores e 37,7% diminuiriam suas participações drasticamente. Considerando apenas a faixa de estudantes do Ensino Médio (que é a faixa dos participantes da nossa pesquisa), 45% dos estudantes apresentaram queda drástica na participação das atividades. Resumindo, a realidade das turmas participantes da pesquisa não é muito diferente da realidade do Estado.

Muitos estudantes também passam pelo problema de não terem acesso à internet. Cerca de 10% dos estudantes das turmas que participaram das atividades propostas

¹⁵ Tanto que para a aplicação de aulas diferentes do PET 4 foi necessária uma conversa diretamente com a supervisão pedagógica da escola, tendo que colocar a proposta nos moldes do PET, como já exposto na seção 5.1.

¹⁶ Referentes apenas às aulas de Química.

buscavam as apostilas impressas na escola (opção que o Governo deu aos que não possuem acesso à internet) e por falha de comunicação entre o professor pesquisador e a direção da escola. Segundo o relatório da GESTRADO/UFGM (2020) “[...] 1 a cada 3 estudantes [de MG] não possui acesso aos recursos para acompanhamento das aulas e realização das atividades [...]”.

O problema da falta de internet associado à estratégia do Governo de Minas Gerais de entregar as apostilas impressas explica a queda na frequência das aulas ao longo dos meses; mesmo com um percentual considerável nas entregas das atividades, ainda houve estudantes com acesso à internet que realizaram as atividades, mas não participaram das aulas, o que mostra que também existiu um desinteresse nas aulas *on-line*. Uma vez que a dificuldade dos estudantes em acompanhar as aulas virtuais é real, muitos parecem seguir o caminho de simplesmente não participar das aulas, seja por escolha dos mesmos, por necessidades ou por falta de aparato necessário para as aulas *on-line*.

6.2 Em Relação à Organização das Respostas aos Desafios

A sequência proposta contou com dois desafios e uma lista de exercícios, sendo os desafios realizados na primeira semana e a lista de exercícios realizada na segunda semana. Os desafios, denominados *Desafio 01* e *Desafio 02*, consistiram em os estudantes analisarem várias fichas que continham informações de diferentes elementos químicos, assim como algumas de suas características e propriedades, de modo que pudessem propor uma organização ou classificação. No período de realização dos dois desafios os estudantes tiveram as aulas 1 e 2, que versavam sobre a organização dos elementos químicos e da periodicidade, concomitante com a apresentação dos trabalhos já citados de Döbereiner, Chancourtois, Newlands, Meyer e Mendeleev.

A lista de exercícios, que foi realizada durante a segunda semana, consistiu de 4 exercícios, sendo que o primeiro exercício solicitava aos estudantes que explicassem como propuseram a classificação das fichas nos desafios 01 e 02; o exercício 2 solicitou que comparassem ambos os desafios com a Tabela Periódica atual; o exercício 3 solicitava a discussão de duas propriedades dos elementos e apontassem se eram propriedades periódicas ou não e, por fim, o exercício 4 era um comparativo entre a Lei Periódica em função da massa atômica e a Lei Periódica em função do número atômico. Como o Exercício 1 da lista tem ligação direta com os desafios, eles serão analisados em conjunto.

Como destacado na tabela abaixo (tabela 2), assim como já colocado na tabela 1, o percentual de entregas das atividades foi relativamente baixo, possivelmente pelos mesmos motivos que levaram à queda de frequência dos estudantes nas aulas *on-line* e da falha de comunicação entre o professor pesquisador e a supervisão da escola.

Tabela 2: Percentual de entrega das atividades da SD

Atividade proposta	Entregas (em %)
Desafio 01	14
Desafio 02	13
Exercício 1	13
Exercícios 2 a 4	0

Fonte: Os Autores (2020).

Apesar dos motivos já discutidos à baixa entrega das atividades, percebe-se que o fato não é exclusividade da presente pesquisa. Outros professores das turmas de 1º ano também passaram por problemas similares¹⁷ e, tivemos essa realidade em outros lugares. Em reportagem da UOL de novembro de 2020¹⁸, vemos relatos de professores de vários estados brasileiros sobre o assunto: dificuldades na preparação dos conteúdos, no contato com os estudantes e a baixa participação.

Em relação às atividades que foram de fato entregues, o desafio 01 foi a atividade que mais teve participação das turmas, com cerca de 14% dos estudantes matriculados entregando as atividades. Relembrando o desafio 01, eles receberam 15 fichas, cada uma contendo características de um elemento químico diferente, para que os estudantes propusessem a organização mais conveniente para esses elementos. No momento em que esse desafio foi passado, os estudantes já tinham participado da primeira aula da proposta, ou seja, já haviam entrado em contato com a noção de uma organização dos elementos por características semelhantes. Todos os estudantes conseguiram e observar uma forma de organizar e/ou classificar os elementos (tabela 3):

¹⁷ Informações da própria escola

¹⁸ CAPUCHINHO, Cristiane. Diários de Classe: Professores compartilham seus desafios e aprendizados durante a pandemia, e ajudam a caminhar para o futuro. UOL/ Ecoa, Ciclo de Educação. São Paulo, Brasil/ Paris, França, 24 de novembro de 2020. Disponível em: <<https://www.uol.com.br/ecoa/reportagens-especiais/educacao-diaris-de-classe/>>. Último acesso em janeiro de 2021.

Tabela 3: Respostas do desafio 01

Forma de organização	Critério de organização	Percentual (do total de entregas)
<i>i.</i> Todas as fichas em ordem crescente de pesos atômicos	Peso atômico	50
<i>ii.</i> Vários grupos de fichas em ordem crescente de pesos atômicos	Grupo pertencente na Tabela Periódica	37,5
<i>iii.</i> Vários grupos de fichas sem ordem interna estabelecida	Grupo pertencente na Tabela Periódica	12,5

Fonte: Os Autores (2020).

Percebe-se que, pelo total das atividades entregues, metade dos estudantes apenas organizaram os elementos em ordem crescente de massa atômica (nas fichas foi usada a linguagem da época, que era *peso* atômico em vez de *massa* atômica, o que foi discutido em aula essa diferença), enquanto que, da outra metade, 75% dos estudantes usaram como critério de organização por família (ou grupo) da Tabela Periódica que o elemento pertence mais a ordem crescente de massa atômica (combinando duas características para sua organização) e o outro, 25%, focou apenas na família pertencente. Na reprodução abaixo (figura 3) temos um exemplo de cada tipo de respostas.

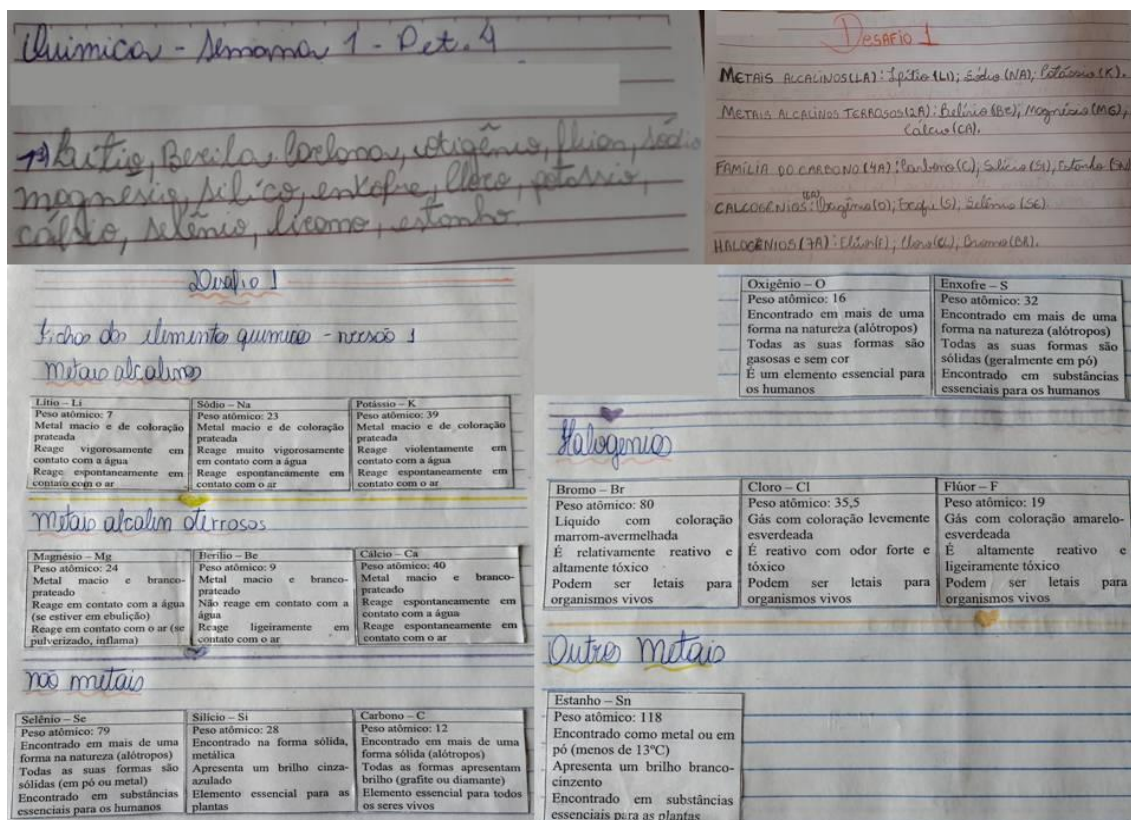


Figura 3: Exemplo de respostas de cada categoria descrita na tabela 3: *i.* (acima e à esquerda), *ii.* (acima e à direita) e *iii.* (abaixo)
Fonte: Os Autores (2020).

Destaca-se, primeiramente, o fato de que 37,5% da turma já havia compreendido que a organização dos elementos lida com mais de uma característica diferente, o que foi usado para suas organizações, conforme visto nos documentos por eles produzidos conforme a figura 1. Pelas reações demonstradas é possível dizer que compreenderam como que se deu o processo de construção da ideia de uma classificação, indo ao encontro à ideia levantada por Callegario *et al.* (2015) de que a História da Ciência facilita na melhor compreensão do surgimento e no desenvolvimento do conceito (ACEVEDO-DÍAZ, GARCÍA-CARMONA; ARAGÃO, 2017).

Em segundo lugar, destaca-se o fato mais chamativo das respostas: metade dos estudantes usou como critério algo que ainda não tinha sido trabalhado e só seria apresentado na última aula, que é a divisão da Tabela Periódica por grupos representativos de elementos com características semelhantes. Como todos os estudantes que responderam os desafios possuíam acesso à internet, a explicação óbvia é que eles consultaram fontes externas às aulas para realização do desafio. Portanto, o fato da aplicação da atividade ter sido *on-line* interferiu diretamente nos resultados da pesquisa; em uma aplicação presencial, os estudantes iriam propor suas próprias

classificações a partir das características e propriedades contidas nas fichas, como era esperado no momento de elaboração da atividade.

Apesar da interferência direta da busca por outras fontes, essa atitude dos estudantes mostrou que essa atividade gerou ou intensificou neles uma capacidade de autonomia, o que não era um resultado esperado. Tal resultado vai ao encontro do relatório técnico do GESTRADO/UFMG (2020), que afirma que apenas 11,3% dos estudantes não possuem autonomia para acompanhamento de aulas remotas.

Apenas pelo desafio 01 (somado à aula posterior a ele) já é possível perceber que uma parcela dos estudantes já obtivera alguma compreensão do conceito de periodicidade, enquanto que uma parcela maior teve melhor compreensão do fazer Ciência a partir de um conjunto de informações que tinham em mãos para chegar à resolução de um desafio (e até mesmo buscando mais informações para resolver o problema que tinham em mãos). O ocorrido já era algo esperado, uma vez que a literatura consultada já indicava que essas percepções seriam resultados da adoção da História da Ciência nas elaborações de sequências didáticas de Química (CALLEGARIO *et al.*, 2015; ACEVEDO-DÍAZ, GARCÍA-CARMONA; ARAGÃO, 2017; ESPIR; EPOGLOU; MARQUES, 2019).

O desafio 02, que também consistia em uma atividade de organização de fichas (contando, agora, com 18 fichas), teve uma participação menor dos estudantes da turma (como já foi indicado na tabela 2). Lembrando que o segundo desafio foi entregue após a aula de sobre o conceito de periodicidade e nos mostrou alguns resultados diferentes em relação ao primeiro desafio, como apresentado na tabela abaixo (tabela 4):

Tabela 4: Respostas do desafio 02

Forma de organização	Critério de organização	Percentual (do total de entregas)
<i>i.</i> Todas as fichas em ordem decrescente de pesos atômicos	Peso atômico	28,5
<i>ii.</i> Vários grupos de fichas em ordem crescente de pesos atômicos	Peso atômico Estado físico da substância elementar (CNTF)	14,3
<i>iii.</i> Vários grupos de fichas em ordem crescente de pesos atômicos	Característica metálica ou não metálica do elemento	14,3
<i>iv.</i> Vários grupos de fichas sem ordem de pesos atômicos	Característica metálica ou não metálica do elemento	14,3
<i>v.</i> Vários grupos de fichas sem ordem interna estabelecida	Família pertencente na Tabela Periódica	14,3
<i>vi.</i> Vários grupos de fichas sem ordem interna estabelecida	Família pertencente na Tabela Periódica Número de elétrons na camada de valência	14,3

Fonte: Os Autores (2020).

Se no desafio 01 metade da turma apenas colocou os elementos em ordem crescente de peso atômico, no desafio 02 pouco mais de 25% dos respondentes continuou com organização parecida, mas desta vez colocando em ordem decrescente dos pesos. Não há explicação no exercício 1 para a mudança de ordem, apenas há a constatação que essa organização é possível – inclusive um dos respondentes colocou isso por escrito (Figura 4). A quantidade de respostas que colocaram os elementos sem uma ordem de massas atômicas aumentou. Como alguns entregaram após a data estipulada e já tinham visto na aula sobre os trabalhos de Moseley que a Lei Periódica não é em função dos pesos atômicos (como se acreditava na época de Mendeleev) eles podem ter desconsiderado o peso atômico como valor relevante para suas organizações; entretanto isso não foi afirmado por nenhum deles no exercício 1.

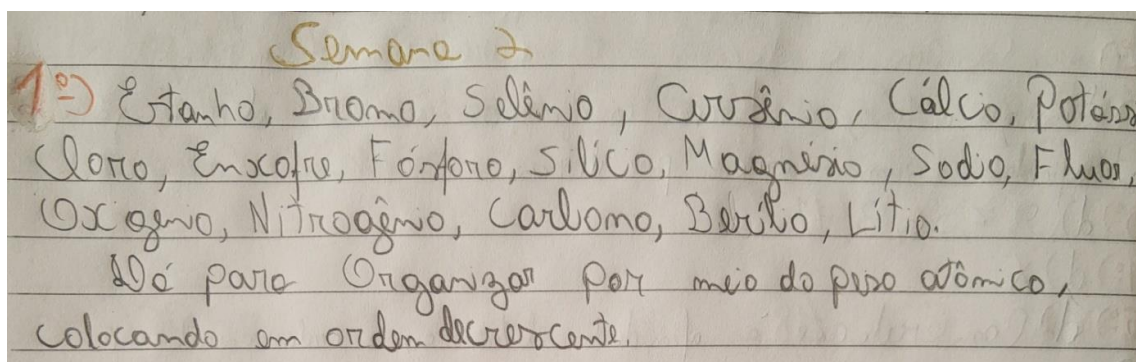


Figura 4: Exemplo de resposta da categoria *i* do desafio 02, descrita na tabela 4.

Fonte: Oos autores (2020).

A diminuição do percentual dos estudantes que continuaram a usar somente o peso atômico para organização dos elementos e o consequente aumento no percentual que passaram a usar outras características para essa organização apontam para um aumento no número de estudantes que tiveram uma compreensão mais consistente do conceito de periodicidade. Ao observar, nas aulas subsequentes, que os estudantes perceberam a relação entre esta atividade e o que Mendeleev fez para chegar à sua versão da Tabela Periódica também permitiu ao pesquisador constatar que eles viram o cientista de uma forma mais humana, o que vai ao encontro do que é descrito por Barp (2013), cujo trabalho aponta que a partir da História da Ciência, os estudantes podem perceber que a atividade científica é influenciada pelos acontecimentos de suas épocas.

Alguns dos respondentes que usaram características não evidenciadas no desafio 01 passaram a usar outro critério que é a característica metálica. Em muitas das fichas

foi citado se o elemento era encontrado na natureza como substância elementar metálica ou não metálica e os estudantes provavelmente consideraram essa característica, alguns sem levar em conta a ordem crescente de pesos atômicos (Figura 5), enquanto que outros já levaram essa ordem crescente em consideração (Figura 6). Esse grupo de estudantes que organizaram as fichas por peso atômico e característica metálica está dentro do percentual que teve melhor compreensão da periodicidade durante as aulas.

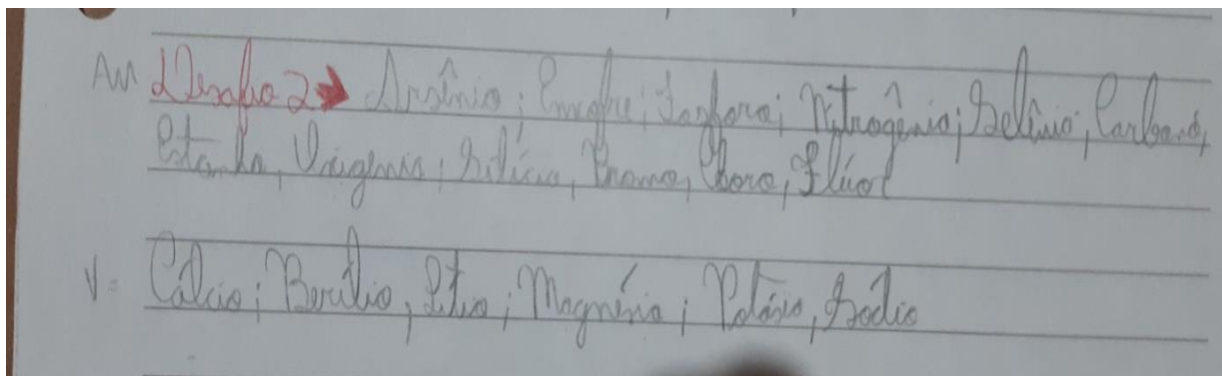


Figura 5: Exemplo de resposta da categoria iv do desafio 02, descrita na tabela 4.
Fonte: Os Autores (2020).

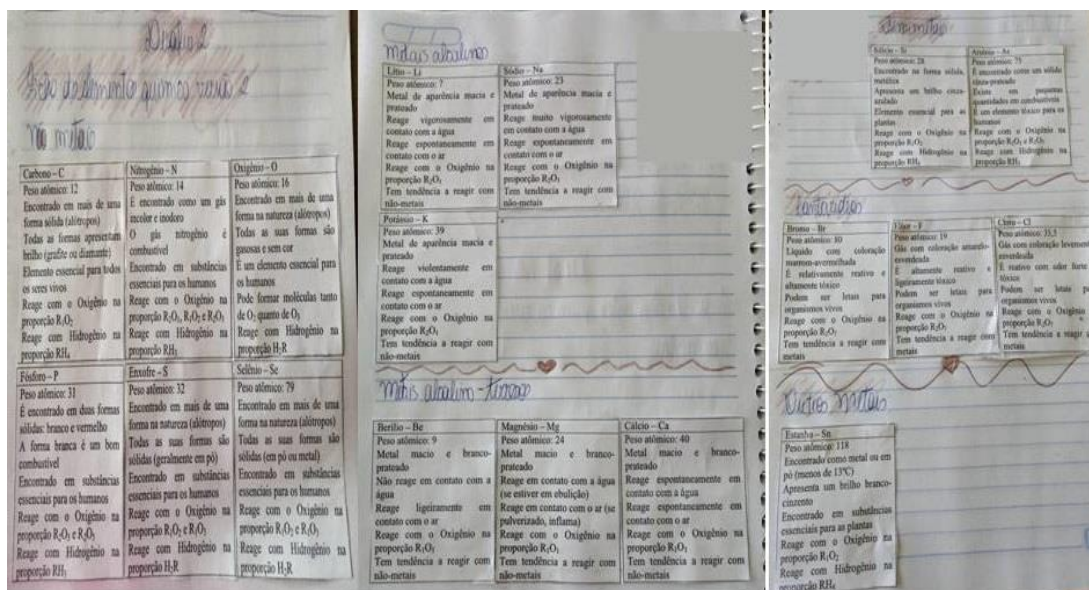


Figura 6: Exemplo de resposta da categoria iii do desafio 02, descrita na tabela 4.
Fonte: Os Autores (2020).

Outra característica considerada por uma pequena parcela dos estudantes foi o estado físico da substância elementar nas CNTP (Figura 7), que não houve essa correspondência no desafio 1.

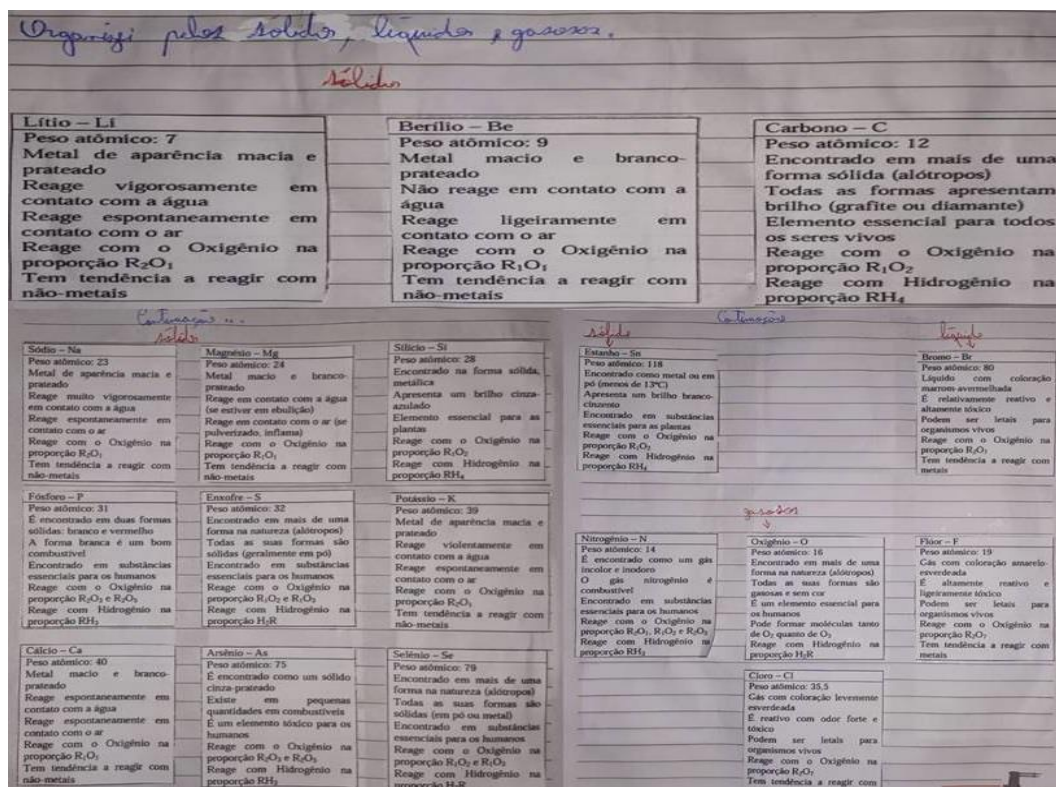


Figura 7: Exemplos de resposta da categoria ii do desafio 02, descrita na tabela 4

Fonte: Os Autores (2020).

Conforme o exemplo de resposta acima, vemos que foram utilizadas duas características: estado físico e ordem crescente de pesos atômicos. Vemos, a partir disso, que alguns estudantes utilizaram mais as diferentes características das fichas, o que foi pouco considerado no desafio anterior; isso os fez focar mais nas características que os cientistas tinham na época em que ocorreu esse ímpeto classificatório e menos em características e informações que temos hoje e não se tinha na época de Mendeleev e seus contemporâneos.

Apresentar isso para a turma posteriormente fez com que eles tivessem um vislumbre maior da atividade de um cientista; isto é, tiveram uma melhor compreensão da construção de um conceito a partir das observações e compilados de dados, tal como é mostrado na literatura consultada (BARP, 2013; MARTORANO, CARMO; MARCONDES, 2013; CALLEGARIO *et al.*, 2015; ACEVEDO-DÍAZ, GARCÍA-CARMONA; ARAGÃO, 2017).

Apesar do avanço com vários estudantes acerca das características consideradas para a organização das fichas, um novo conceito não trabalhado emergiu (e que a relação entre ele e a posição dos elementos na Tabela Periódica da IUPAC só seria visto no PET seguinte, que introduz a ideia sobre reações químicas): a valência dos átomos

(Figura 8). Houve respondentes que levaram em consideração o número de elétrons na camada de valência para organizar seus elementos.

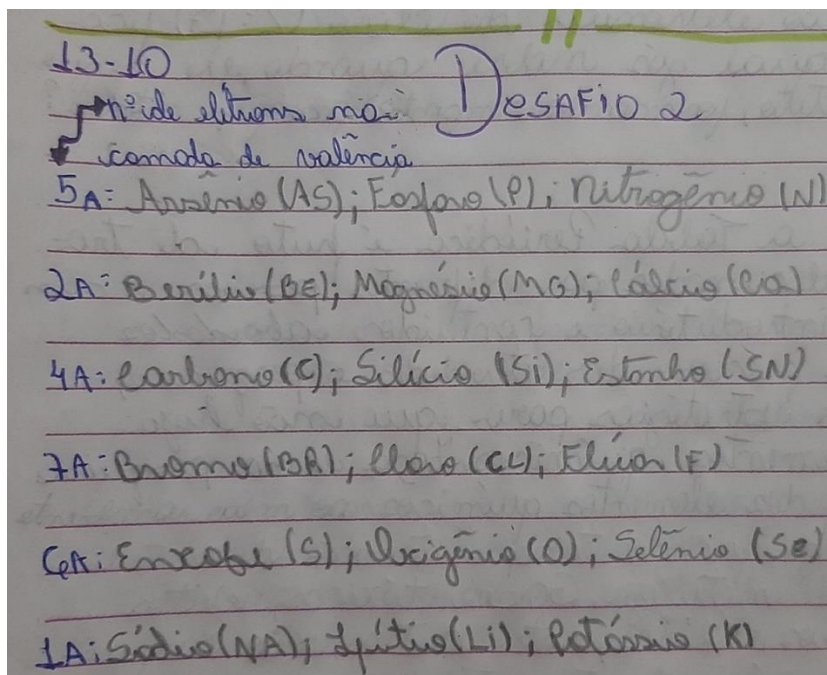


Figura 8: Exemplo de resposta da categoria vi do desafio 2, descrita na tabela 4
Fonte: Os Autores (2020).

Mais uma vez vemos a autonomia de alguns estudantes é evidenciada ao mesmo tempo em que vemos também a interferência direta do fato das aulas serem *on-line*. Como as turmas relataram que já tinham visto modelos atômicos no 9º ano do Ensino Fundamental e o PET 3 também abordava este conteúdo, desta vez o conceito externo que foi buscado para responder ao desafio foi um conceito já trabalhado com eles em outros momentos, o que mostra que eles também afilaram as buscas externas para as respostas.

Apesar do fator peso atômico ter sido a principal variável para os estudantes realizarem o desafio 01, no desafio 02, como já destacado, vimos mais considerações de outras variáveis, como caráter metálico/não metálico, estado físico e valência. Se no desafio 01 os estudantes obtiveram uma compreensão mais consistente da *periodicidade*, com o desafio 02 e as aulas posteriores, os estudantes obtiveram uma melhor compreensão da construção da Tabela Periódica, tendo até relacionado a organização dos elementos com outros conceitos já vistos por eles, como *valência*, tal qual era esperado, considerando por Targino (2017). Também foi percebido pelo professor pesquisador com as aulas posteriores tiveram uma melhor compreensão da importância dos trabalhos de vários cientistas para se chegar ao instrumento que hoje

eles têm em mãos. Isso vai ao encontro do que é mostrado na literatura consultada para o trabalho (e apresentada ao longo deste artigo) de que com a História da Ciência os estudantes podem ter uma visão mais humana dos cientistas e compreender que a Ciência não acontece isolada da sociedade, mas sim pelas vivências que os cientistas têm na sociedade.

Os exercícios 2 a 4 da lista do final da sequência didática não foram respondidos pelos estudantes, o que pode ser justificado pelo fato do PET 5 já ter sido disponibilizado quando essa lista foi entregue; por consequência, estes estudantes se prestaram a começar logo o estudo do PET 5 em detrimento da atividade “diferente” do professor. De qualquer forma esse comportamento, que não condiz com o comportamento padrão da turma, se encaixa na característica da diminuição drástica na participação das atividades do relatório do GESTRADO/UFMG (2020). Acrescenta-se a essa análise que a organização do tempo para realização de cada PET atrapalhou a plena execução da proposta elaborada, sendo que também interferiu diretamente nos resultados da pesquisa.

Dentro do possível, podemos considerar que as respostas e, principalmente, a progressão das respostas do desafio 01 para o 02, junto com o exercício 1 da lista final foram satisfatórios e condizente com a realidade enfrentada ao longo de 2020 em virtude das atividades remotas e a inserção de um novo material didático para estudo.

7 Considerações finais

Foi observado que a sequência didática, dentro das suas limitações, conseguiu cumprir parcialmente aos objetivos estabelecidos para a pesquisa; parcialmente porque, com os efeitos do regime especial da baixa participação dos estudantes nas atividades e nas aulas, uma porcentagem baixa das turmas foi participante da pesquisa; objetivos cumpridos porque foi possível observar que ao longo da aplicação das atividades previstas, sobretudo na realização dos desafios propostos, os estudantes foram compreendendo os conceitos relacionados às ideias de classificação dos elementos químicos de acordo com as propriedades físicas e químicas e, também, a questão da periodicidade, assim como foram compreendendo os caminhos para construção da Tabela Periódica e da Lei Periódica, tal qual era buscado com incorporação de fatos históricos a estes conceitos.

Podemos listar as contribuições que esta incorporação trouxe aos estudantes, sendo: em primeiro lugar, eles tiveram uma compreensão mais consistente dos conceitos trabalhados nas aulas, *classificação dos elementos*, *Lei Periódica* e *Tabela Periódica*; em segundo, os estudantes puderam perceber questões internas a elaboração e a construção de uma ideia durante a pesquisa científica, uma vez que os desafios propostos foram baseados no que se acreditava ter sido feito por Mendeleev para a construção da sua versão da Tabela Periódica; em terceiro lugar, os estudantes perceberam que os cientistas não são seres isolados da sociedade ou gênios inalcançáveis, mas sim indivíduos que viveram em épocas e contextos próprios e que são influenciadas por esse contexto e pelo que já foi estudado e divulgado no passado (e que em contextos ou situações diferentes, possivelmente, uma classificação dos elementos químicos não teria existido).

Consideramos ainda que, por causa das limitações e dificuldades decorrentes da adaptação da sequência didática ao formato do PET adotado pelo Governo do Estado de Minas Gerais, seria melhor executada como planejada inicialmente: com 6 aulas (3 semanas além das atividades a serem realizadas em casa), com mais momentos de discussão de textos elaborados pelo professor, execução dos desafios em maior tempo e a realização das listas de exercícios e atividades com mais parcimônia.

Para finalizarmos, defendemos que novos estudos na área de Ensino de Ciências, sobretudo no Ensino de Química, devem ser realizados de modo que seja possível um panorama de novas ações para o enfrentamento das defasagens conceituais, culturais, cognitivas e psicológicas que os estudantes da Educação Básica enfrentam e irão enfrentar, sobretudo na continuação das restrições impostas pela crise sanitária mundial, bem como, o apoio aos professores e futuros professores.

Referências

ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; GARCÍA-CARMONA, A.; ARAGÃO, M. del M. Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia. **Educación Química**, [s. l.], v. 28, n. x, p. 140-146. 2017.

BARP, E. Contribuições da História da Ciência para o Ensino da Química: Uma Proposta para Trabalhar o Tópico Radioatividade. *In: Jornada de História da Ciência e Ensino*, 4., 2013. **Anais IV Jornada de História da Ciência e Ensino: propostas, tendências e construção de interfaces**. São Paulo, Brasil. 4 a 6 de julho de 2013.

BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. S. P. **História da Ciência para formação de professores**/ Maria Helena Roxo Beltran, Fumikazu Saito, Lais dos Santos Pinto Trindade. – São Paulo: Livraria da Física, 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais** – Ensino Médio. Brasília: MEC, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação – Conselho Nacional de Educação/ Câmara de Educação Superior (CNE/CES). **Diretrizes Nacionais para os Cursos de Química**. Brasília: CNE, 2001.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais** – PCN+ Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2002.

CALLEGARIO, L. J.; HYGINO, C. B.; ALVES, V. L. O.; LUNA, F. J.; LINHARES, M. P. A. História da Ciência no Ensino de Química: Uma Revisão. **Revista Virtual de Química**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 977-991. 2015.

CUNHA, M. F. da. **A Dimensão Pedagógica da Tabela Periódica no Ensino de Conceitos Químicos**. 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba-MG, 2019.

ESPIR, I. F.; EPOGLOU, A.; MARQUES, D. M. O Uso da História da Química no Ensino de Química: A Visão de Licenciandos em Química. **Revista História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**, [s. l.], v. 20 (especial), n. xx, p. 657-671, 2019.

FLÔR, Cristhiane Cunha. **Leituras dos Professores de Ciências do Ensino Fundamental Sobre as Histórias da Ciência**. 2005. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2005.

GESTRADO. **Trabalho Docente em tempos de pandemia**. Grupo de Estudos sobre Política Educacional e Trabalho Docente. Relatório. Universidade Federal de Minas Gerais. 2020.

KAVALEK, D. S.; SOUZA, D. O.; DEL PINO, J.C.; RIBEIRO, A.P.; Filosofia e História da Química para educadores em Química. **Revista História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, [s. l.], v. 12, p. 1-13, 2015.

LÜDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária LTDA, 1986.

LUCA, A. G. *et al.* Uma abordagem histórica da tabela periódica. *In*: SANTOS, S. A. dos; RIBEIRO, M. E. M. (Org.). **Ensino de Ciências: reflexões e diálogos**. Rio do Sul: Editora Unidavi, 2015

LUCA, A. G.; VIEIRA, J. A colher que desaparece: uma abordagem histórica da tabela periódica. *In*: Encontro de Debates sobre o Ensino de Química, 33., 2013. **Anais do 33º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química**, UNIJUÍ, 2013.

MARQUES, D. M. **Dificuldades e possibilidades da utilização da História da Ciência no Ensino de Química**: um estudo de caso com professores em formação inicial. 2010. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2010.

MARQUES, D. M. Formação de professores de ciências no contexto da História da Ciência. **Revista História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**, [s. l.], v. 11, p. 1-17, 2015.

MARTORANO, S. A. A.; CARMO, M. P. do; MARCONDES, M. E. R. A História da Ciência no Ensino de Química: o ensino e aprendizagem do tema cinética química. *In*: **Anais IV**

Jornada de História da Ciência e Ensino: propostas, tendências e construção de interfaces.
São Paulo, Brasil, 4 a 6 de julho de 2013.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência Atual de Reaproximação. Trad.: Claudia Mesquita de Andrade. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, [s. l.], v. 3, n. 12, p.164-214, 1995.

PENTEADO, M. M.; OLIVEIRA, A.; ZACHARIAS, F. S. TABELIX: Jogo da Memória como Recurso Pedagógico para o Ensino-aprendizagem sobre a Tabela Periódica. **Revista Ciência e Ideias**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 1 - 9, abr/set. 2010.

SANTOS, R.P.; NASCIMENTO JUNIOR, J.M.M.; DIAS, M.A.A; As Dificuldades e Desafios que os Professores Enfrentam com as Aulas Remotas Emergencial em Meio a Pandemia Atual. *In*: Congresso Nacional de Educação, 7., 2020. **Atas VII Congresso Nacional de Educação**. Maceió, 2020.

SCERRI, E.R.; **A Tabela Periódica: uma breve introdução.** Tradução Claudia Schvepe, Editora Unidavi, 2. ed. Rio do Sul, 2020.

SILVA, N. F. L. da. **Uma Abordagem para o Ensino de Modelos Atômicos e Radioatividade a partir da História da Ciência.** 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba-MG, 2019.

TARGINO, A. R. L. **Textos Literários de Divulgação Científica na Elaboração e Aplicação de uma Sequência Didática sobre a Lei Periódica dos Elementos Químicos.** 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, São Paulo-SP, 2017.

TARGINO, A. R. L.; BALDINATO, J. O. Abordagem histórica da lei periódica nas coleções do PNL D 2012. **Química Nova na Escola**, [s. l.], v. 38, n. 4, p. 324 - 333. 2016.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C.; CHAGAS, A. P. Alguns Aspectos Históricos da Classificação Periódica dos Elementos. **Química Nova**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 103 - 117, 1997.

TRINDADE, L. S. P., *et al.* História da Ciência e ensino: alguns desafios. *In*: BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. S. P. (orgs). **História da Ciência: tópicos atuais.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2010, p. 119-132.

ZERGER, K. F.; MELO, M. M. R.; LUCA, A. G.; Tabela periódica: elemento mediador para ensinar química. *In*: Encontro Nacional de Ensino de Química, 18., 2016. **Atas do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ).** Florianópolis, SC, 2016.

Recebido em: 29 de janeiro de 2022

Aceito em: 08 de maio de 2023