

A história da evolução dos modelos atômicos sob a perspectiva do Novo Ensino Médio

Débora Luana Kurz¹

Everton Bedin²

Rossano André Dal-Farra³

Resumo: Este estudo tem como objetivo desenvolver e apresentar os resultados da aplicação de uma sequência didática voltada à discussão da evolução dos modelos atômicos sob a perspectiva do Novo Ensino Médio, bem como analisar os dados oriundos da realização desta no âmbito da Educação Básica. Neste desenho, a proposição didática foi aplicada em duas turmas de 1º ano do Ensino Médio, envolvendo 40 estudantes de uma instituição privada do município de Santa Cruz do Sul/RS. Neste viés, mediante a participação ativa dos estudantes no decorrer das etapas e da diversificação das atividades, observou-se, além de indicativos do entendimento do objeto de conhecimento proposto, indícios de um maior comprometimento, ou seja, um maior interesse pelas atividades desenvolvidas. Nessa perspectiva, é possível concluir e validar a sequência didática como profícua para o processo de construção do conhecimento científico sobre modelos atômicos, no sentido de compreendê-la como uma estratégia facilitadora da aprendizagem.

Palavras-chave: Modelos Atômicos. História da Ciência. Novo Ensino Médio.

The history of the evolution of atomic models from the perspective of the New High School

Abstract: This study aims to develop a didactic sequence aimed at discussing the evolution of atomic models, from the perspective of the New High School, as well as analyzing the data arising from the realization of this in the context of Basic Education. In this design, the didactic proposition was applied in two classes of the 1st year of high school, involving 40 students from a private institution in the city of Santa Cruz do Sul/RS. In this bias, through the active participation of the students during the stages, as well as through the diversification of activities, it was observed, in addition to indicative of the understanding of the proposed object of knowledge, indications of a greater commitment to the part of the group, or that is, a greater interest in the activities developed. From this perspective, it is possible to conclude and validate it as useful for the process of building scientific knowledge about atomic models, in the sense of understanding it as a strategy that facilitates learning. The History of the Evolution of Atomic Models from the Perspective of the New High School.

Keywords: Atomic Models. History of Science. New High School.

La historia de la evolución de los modelos atômicos desde la perspectiva de la Nueva Escuela Secundaria

¹ Doutoranda em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Luterana do Brasil (ULBRA). Professora da Escola de Educação Básica Educar-se. Rio Grande do Sul, Brasil. ✉ kurz.deboraluana@unisc.br 
<https://orcid.org/0000-0002-8790-5376>.

² Doutor em Educação em Ciências. Professor do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Paraná, Brasil. ✉ bedin.everton@gmail.com 
<https://orcid.org/0000-0002-5636-0908>.

³ Doutor em Educação. Professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA). Rio Grande do Sul, Brasil. ✉ rossano.farra@ulbra.br 
<https://orcid.org/0000-0001-6855-7786>.

Resumen: Este estudio desarrolla y presenta los resultados de la aplicación de una secuencia didáctica destinada a discutir la evolución de los modelos atómicos en la perspectiva de la nueva escuela secundaria. También analiza los datos de su realización en el contexto de la educación básica. En este diseño, la propuesta didáctica fue aplicada en clases de 1º grado de secundaria, involucrando 40 alumnos de una institución privada de Santa Cruz do Sul/RS. A través de la participación activa de los estudiantes durante las etapas y la diversificación de actividades, además de indicios de que los estudiantes comprendieron el objeto de conocimiento propuesto, se evidenció un mayor compromiso, o sea, un mayor interés en las actividades desarrolladas. Desde esta perspectiva, es posible concluir y validar la secuencia didáctica como fructífera para la construcción del conocimiento científico sobre modelos atómicos en el sentido de entenderla como una estrategia que facilita el aprendizaje.

Palabras clave: Modelos Atómicos. Historia de la Ciencia. Nueva Escuela Secundaria.

1 Introdução

A área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), na perspectiva da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), tem como objetivo a formação de sujeitos cientificamente letrados. Em outras palavras, o objetivo da área está voltado ao desenvolvimento das capacidades de compreensão e de interpretação do mundo, no que tange seus aspectos sociais, políticos, tecnológicos, econômicos e ambientais (BRASIL, 2018). Ao se almejar a formação deste indivíduo, busca-se promover a sua participação ativa na sociedade para transformá-la, tendo como fundamento os aportes teóricos e processuais das Ciências, corroborando para a construção de uma sociedade justa, democrática, igualitária e inclusiva (KURZ; BEDIN, 2019).

Alinhado às disposições da BNCC, o Referencial Curricular Gaúcho (RCG) complementa que o ensino de Química tem como pretensão desenvolver a capacidade de compreensão do mundo material, “por meio do estudo das propriedades dos materiais e das substâncias de forma interligada com os fenômenos naturais e processos artificiais” (RIO GRANDE DO SUL, 2018, p. 99). Logo, por meio dessa abordagem, espera-se propiciar os subsídios necessários sobre as propriedades da matéria, visando a contextualização dos conhecimentos científicos, com a finalidade de evidenciar indícios de sua presença no cotidiano dos estudantes. Deste modo, se destaca a importância da contextualização de saberes, visto que a presença e as contribuições da Ciência na sociedade tendem a “influenciar no modo como vivemos, pensamos e agimos” (BRASIL, 2018, p. 547).

Ademais, no que diz respeito ao componente Química, em específico, a História

da Ciência se ratifica frente a oportunidade de problematizar os âmbitos sociais, econômicos e culturais que perpassam pelo processo de construção do conhecimento científico, visto que tendem a corroborar para a construção de uma visão da Ciência associada às diferentes dimensões da vida. Logo, se constitui como uma forma de problematizar as concepções positivistas atribuídas à Natureza da Ciência, visto que, por vezes, se desconsidera os aspectos epistemológicos atrelados ao caráter cultural, provisório e histórico da Ciência, bem como da parcialidade, da não neutralidade do conhecimento científico (MORAES; ARAÚJO, 2012; ROSA; STRIEDER, 2019).

Em conformidade a Martins (2008), o estudo da História da Ciência é crucial à formação cultural, científica e social dos alunos, visto que proporciona a eles a compreensão de episódios históricos, em especial, as inter-relações destes com a tecnologia e a sociedade, evidenciando que a Ciência e a pesquisa científica não se encontram desconexas de suas realidades, muito pelo contrário, a Ciência é parte integrante e fundamental do desenvolvimento histórico de uma sociedade. Deste modo, é importante reiterar que, além da mensuração de datas e de grandes personalidades, é fundamental demonstrar que os conhecimentos científicos são oriundos de construções “socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura” (BRASIL, 2018, p 550). Sob este mesmo olhar, Martins (2008, p. 27) complementa que a diminuição

da história da ciência a nomes, datas e anedotas; concepções erradas sobre o método científico; e uso de argumentos de autoridade. Fatores como esses fazem com que o emprego da história da ciência não seja simples, já que é necessário por isso, um trabalho de pesquisa para fundamentar um adequado uso da história da ciência no processo educacional

Ademais, a abordagem dos modelos atômicos com vistas à História da Ciência pode se configurar como um subsídio, uma possibilidade de diálogo entre professor e estudante a respeito da Natureza da Ciência e, sobretudo, desenvolver o pensamento crítico sobre tal assunto (SILVA, 2019; VIEIRA; VIEIRA, 2014). Afinal, como Forato, Pietrocola e Martins (2018) asseguram, a abordagem da História da Ciência tem se constituído como adequada a diversos propósitos educacionais, visando à formação científica básica dos estudantes. Neste viés, considerando o referencial curricular estadual, o estudo na perspectiva histórica é importante para a formação do aluno, visto que promove a reflexão sobre os conhecimentos socialmente produzidos ao

longo da história da humanidade, colaborando para a compreensão do processo de construção de saberes (RIO GRANDE DO SUL, 2018).

Neste contexto, com a implantação do currículo alinhado à BNCC, a área de CNT apresenta competências específicas e habilidades que colaboram para o aprofundamento das aprendizagens desenvolvidas ao longo do Ensino Fundamental, no que tange “aos conhecimentos conceituais da área; à contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos; aos processos e práticas de investigação e às linguagens das Ciências da Natureza” (BRASIL, 2018, p. 547). Para tanto, no 1º ano do EM propõe-se a abordagem da evolução dos modelos atômicos sob a perspectiva da História da Ciência, no intuito de aprofundar a habilidade voltada à identificação de modelos que descrevem a estrutura da matéria e o reconhecimento desta evolução histórica, a qual está prevista para o 9º ano do EF.

Neste campo, o uso da História da Ciência para a abordagem dos modelos atômicos é necessário na medida em que se proporciona a discussão de conceitos científicos aliados à evolução atômica (SILVA, 2019). Além disso, se constitui como uma estratégia que visa propiciar a compreensão e humanizar o processo de construção do conhecimento científico e, sobretudo, aproximar as descobertas científicas de interesses pessoais, éticos, econômicos, culturais e políticos de cada período da história (SILVA, 2019). Assim, este estudo tem como objetivo a proposição e o desenvolvimento de uma sequência didática voltada à discussão da evolução dos modelos atômicos sob a perspectiva do Novo Ensino Médio (NEM), bem como analisar os dados oriundos da realização desta no âmbito da Educação Básica.

2 Metodologia

Diante das premissas supracitadas, no intento de resolver o questionamento: de que forma o desenvolvimento e a aplicação de uma sequência didática sobre a evolução dos modelos atômicos sob a perspectiva do NEM pode propiciar o desenvolvimento de habilidades e competências essenciais para a formação dos sujeitos? Esta proposta foi desenvolvida com duas turmas do 1º ano do Ensino Médio, de uma escola privada localizada no município de Santa Cruz do Sul/ Estado do Rio Grande do Sul (RS), sendo a amostra composta por 40 estudantes, cuja faixa etária está compreendida entre 14 e 16 anos.

Neste desenho, uma sequência didática pode ser caracterizada como a

proposição e o desenvolvimento de um repertório de atividades, intervenções e estratégias elaboradas com vistas aos objetivos elencados pelo professor para o determinado objeto de conhecimento, no sentido de contribuir para a mediação do processo de ensino e de aprendizagem desses saberes. Em corroboração, Zabala (1998, p. 18) reitera que a sequência didática consiste em “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelo professor como pelos alunos”. Diante dessas premissas, destaca-se que a sequência didática elaborada para a discussão sobre a História da Ciência articulada aos modelos atômicos encontra-se alinhada as orientações de Guimarães e Giordan (2011), visto que ela perpassa por aspectos como “estrutura e organização”, “problematização”, “conteúdos e conceitos” e “metodologias e avaliação”.

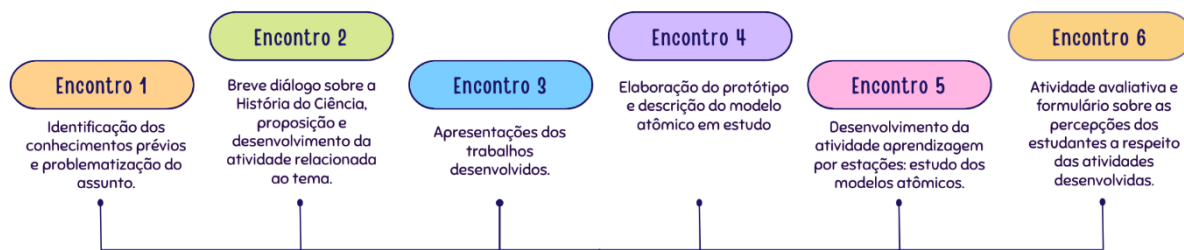
Em menção aos aspectos supracitados, Guimarães e Giordan (2011) declaram que na estrutura e na organização de uma sequência didática detém-se a avaliação de itens como clareza, escrita do documento, tempo, as ações a serem desenvolvidas e os referenciais utilizados. Ao passo que a problematização se constitui como a proposição de uma situação real ou, ainda, hipotética e conflitante, de modo que os estudantes se sintam instigados a solucionar e resolver tal conflito. Quanto aos conteúdos e conceitos, é preciso atentar quanto à organização lógica dos objetos de conhecimentos traçados para a discussão, de modo que os estudantes consigam atribuir significados a esses saberes e evidenciar a presença dos mesmos nos distintos segmentos da sociedade. Ademais, no que tange à metodologia de ensino e à avaliação do processo, refere-se especialmente à organização e ao desenvolvimento dessas ações, promovendo os subsídios necessários para que o estudante alcance os objetivos elencados pelo docente no início do processo.

Diante do exposto, na Figura 1 destaca-se as etapas da sequência didática como uma intervenção pedagógica para abordagem histórica dos modelos atômicos, considerando as orientações indicadas na BNCC e no RCG. Ressalta-se que cada encontro presente na Figura 1 foi desenvolvido semanalmente, tendo uma carga-horária equivalente a dois períodos de 48 minutos cada.

Em alusão à Figura 1, destaca-se que no primeiro encontro da sequência didática, teve-se como pretensão a identificação dos conhecimentos prévios dos alunos e a construção coletiva de uma definição para o componente curricular

Química, bem como onde a mesma tende a ser observada, seja na realidade dos sujeitos ou por meio das mídias e meios de comunicação. Já no segundo encontro, além da problematização inicial sobre o tópico mencionado, realizou-se uma breve exposição sobre os modelos atômicos, e apresentou-se as orientações para a construção da linha do tempo, com a pretensão de retratar, além da biografia dos cientistas e a descrição do modelo atômico, aspectos relacionados ao período da descoberta — como eventos históricos, políticos, econômicos e sociais. Ao passo que, no terceiro encontro, propôs-se as apresentações das pesquisas relacionadas à linha do tempo, realizadas pelos alunos no intervalo dos encontros 2 e 3.

Figura 1: Sequência didática sobre a evolução dos modelos atômicos sob uma perspectiva histórica



Fonte: Dados da Pesquisa, 2022

Ainda em menção à descrição da atividade desenvolvida, no quarto encontro realizou-se a elaboração dos protótipos dos modelos atômicos a partir de materiais como biscoito. No quinto encontro da sequência didática, desenvolveu-se um conjunto de atividades realizadas com base no método de aprendizagem por estações (HORN, STAKER, 2015). Esta atividade consistiu na proposição de seis estações voltadas a discussão sobre o tópico em estudo, dentre elas propôs-se a criação de poemas, atividades experimentais, atividades dinâmicas como o *tetris* e *quizizz*, elaboração de um mapa conceitual a partir de conceitos fundamentais sobre a evolução atômica, análise das experiências e dos modelos propostos a partir de recursos digitais. O último encontro da sequência didática foi destinado à avaliação da aprendizagem e identificação das percepções dos estudantes a respeito das atividades realizadas.

Além dos objetivos destacados, e com vistas aos objetos de conhecimento elencados, com a atividade pretendeu-se colaborar com a promoção de habilidades articuladas às três competências específicas propostas para a área de CNT, sendo elas EM13CNT101, EM13CNT103, EM13CNT207, EM13CNT302 e EM13CNT303, as quais podem ser observadas na Figura 2. Estas, em síntese, estão voltadas tanto para a análise de fenômenos naturais e processos tecnológicos quanto para a investigação de situações problemas e proposição de ações que contribuem para a melhoria das

condições de vida dos participantes.

Figura 2: Habilidades específicas das três competências específicas da área de CNT



Fonte: Adaptado de Brasil (2018, p. 556-560)

Ainda, se reitera que na perspectiva de encontrar possíveis evidências e dados frente aos objetivos traçados para o desenvolvimento da pesquisa, utilizou-se um conjunto de instrumentos de construção de dados, incluindo observação, diário de bordo, questionário e atividades realizadas pelos estudantes. Em relação a análise dos dados, essa foi realizada de forma qualitativa e quantitativa, fundamentada especialmente nas atividades desenvolvidas pelos estudantes ao decorrer da sequência didática. Portanto, considerando os pressupostos acima, essa pesquisa é de abordagem quali-quantitativa, visto que se são abordagens igualmente legítimas, ao mesmo tempo que a complementaridade oriunda da articulação dos processos de análise característicos contribui para uma análise holística do fenômeno investigado, ou seja, uma ampla e profunda visualização do problema em questão (CRESWELL, *et al.* 2007; SOUZA, KERBAUY, 2017); logo, é inadequada a adoção de uma única abordagem, com vistas aos objetivos traçados.

3 Resultados e discussão

No primeiro encontro da sequência didática, propunha-se investigar as primeiras impressões relacionadas ao componente curricular Química. O objetivo desta ação está voltado para a compreensão das concepções e conhecimentos prévios dos estudantes a respeito deste componente da área de CNT. Ademais, como reiteram os autores Carbo e colaboradores (2018) a identificação dos conhecimentos

prévios é importante para nortear o planejamento das ações a serem desenvolvidas na sequência didática proposta ao grupo, de modo a propor estratégias e ações mais assertivas frente a aprendizagem dos estudantes.

Não obstante, este momento é importante visto que, embora já previsto pela BNCC, o contato gradativo com os conhecimentos relacionados à Química, Física e Biologia na área de Ciências da Natureza no início do Ensino Médio se constitui como o primeiro contato formal com o componente curricular Química. Sendo assim, neste encontro, a partir de indagações e atividades problematizadoras, propôs-se a elaboração de um acróstico para a definição de Química, como exemplificado na Figura 3, a partir do nome “Débora”, e a criação de uma nuvem de palavras, visando à importância e à contribuição dessa à sociedade, também exposta na Figura 3.

Figura 3: Atividades elaboradas pelos estudantes após a reflexão sobre aspectos que perpassam pelo componente curricular



Fonte: Dados da Pesquisa, 2022

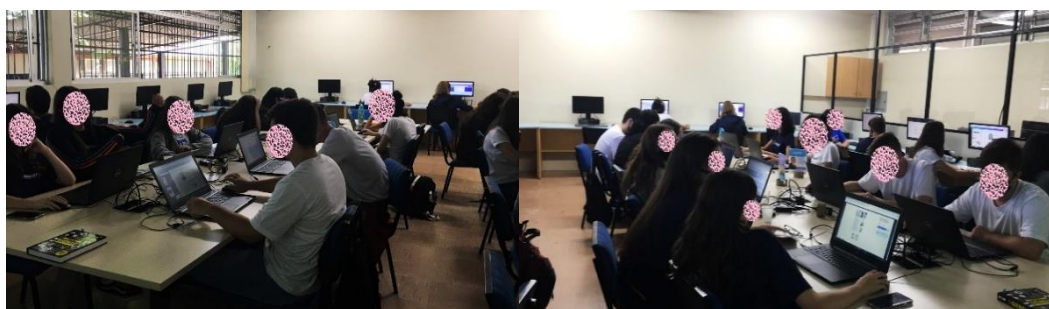
Neste viés, buscou-se problematizar os diferentes contextos de atuação, isto é, para além de laboratórios, de fabricação de bombas e remédios, como pontuado na nuvem de palavras da Figura 3, dialogou-se e refletiu-se sobre a presença da Química nos diferentes segmentos da sociedade, tais como: saneamento básico, saúde, transporte, tecnologia, agricultura, alimentação, processos de obtenção de energia, dentre outros, uma vez que o objetivo da área de CNT é norteador pelas demandas da sociedade em seus distintos contextos (LIMA; IBRAIM; SANTOS, 2021).

Como prévia do segundo encontro da sequência didática, disponibilizou-se no *Classroom* das turmas um recorte de um poema de autoria não identificada. A partir do poema foi iniciado a discussão em aula sobre a evolução dos modelos atômicos. Tal estratégia foi utilizada com a premissa de subsidiar a aprendizagem dos conceitos científicos em seus contextos de produção, utilizando diferentes linguagens para

“comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos” (BRASIL, p. 324, 2018), aspecto que vai ao encontro das competências da área de CNT. Na sequência, realizou-se um breve momento expositivo, sendo utilizado um infográfico como recurso pedagógico, na finalidade de nortear a discussão sobre as principais características dos diferentes modelos atômicos articulados ao contexto histórico em que foram propostos, no sentido de problematizar tanto a não linearidade do avanço da Ciência, quanto apresentá-la como um processo permeado de interpretações e concepções teóricas realizadas, por vezes, por um grupo específico de sujeitos (LIMA; IBRAIM; SANTOS, 2021).

Na sequência, houve a orientação e a explicação da proposta de trabalho — isto é, explicações sobre a elaboração da proposta “Uma linha do tempo — a evolução dos modelos atômicos”. Nesta atividade, itens como: título que representa o período, biografia do cientista, descrição do modelo atômico e dos experimentos relacionados, ilustração do modelo atômico e contexto histórico em que a descoberta foi realizada, deveriam ser contemplados, cuja atividade pode ser visualizada na Figura 4. Tais requisitos foram atribuídos, visto que, em conformidade a Lima, Ibraim e Santos (2021), é necessário analisar as questões históricas à luz dos conhecimentos vigentes no contexto histórico, de modo a corroborar à reflexão e ao entendimento do conhecimento científico “como provisório, cultural e histórico” (BRASIL, 2018, p. 324).

Figura 4: Estudantes realizando a pesquisa de um respectivo modelo atômico



Fonte: Acervo da Pesquisa, 2022

Como mencionado, no terceiro encontro ocorreu a socialização das pesquisas desenvolvidas. Sendo assim, além de discutir sobre aspectos atrelados à biografia do cientista e do modelo atômico proposto, era imprescindível mencionar sobre fatos históricos, políticos, econômicos e sociais que possivelmente influenciaram na proposição de tal modelo, visando a análise do tema a partir da contextualização social, histórica e social da Ciência (BRASIL, 2018) Isto porque uma abordagem histórica que discorre sobre a interpretação de um fato de forma descontextualizada,

ou ainda, tendenciosa quanto suas fontes e/ou período histórico, tende a corroborar para uma interpretação errônea do objeto de conhecimento (FORATO *et al.*, 2011).

Neste aporte, o grupo responsável pela apresentação do Modelo de Rutherford, por exemplo, mencionou que, embora já havia se identificado a presença das partículas negativas — os elétrons —, ainda era necessário compreender qual a disposição deles em um átomo (SANTOS, 2020). Nesse contexto, o grupo de trabalho menciona que Rutherford dedicou-se a este e a outros questionamentos a respeito do curso de evolução dos modelos atômicos, como evidenciado na Figura 5, trabalho desenvolvido pelo mesmo.

Figura 5: Modelo atômico de Rutherford

A Moderna Teoria Atômica

ERNEST RUTHERFORD

Dupla: Lauren e Luana

Biografia

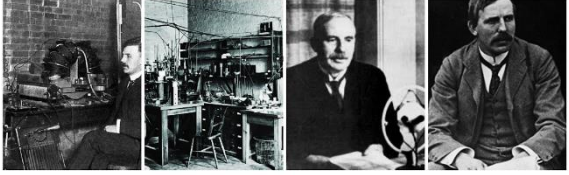
Ernest Rutherford nasceu em 1871 na Nova Zelândia e faleceu em 1937 em Cambridge no Reino Unido. Ele foi um físico e químico que pesquisando o urânio descobriu a emissão de raios alfa e beta.

Em 1893 graduou-se em Matemática e Física na Universidade de Wellington. Através de um concurso, ganhou uma bolsa de estudos que o levou à Universidade de Cambridge, na Inglaterra.

No Laboratório Cavendish, em Cambridge, sob a orientação do físico J.J. Thomson. Em 1909, de volta a Cambridge, assume a direção do Laboratório Cavendish. Entre 1921 e 1934 trabalhou com Piotr Kapitzia, um de seus maiores colaboradores e um dos mais importantes nomes da URSS. Rutherford demonstrou novamente sua fé na internacionalização da ciência, ao conseguir a transferência de seu gigantesco laboratório de alta voltagem da Inglaterra para a União Soviética, onde Kapitzia saberia utilizá-lo no progresso da pesquisa.

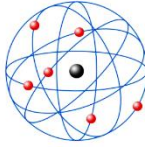
Contexto Histórico

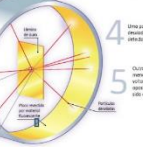
Neste mesmo ano da criação do modelo atômico, no dia 25 de março de 1911 o incêndio na fábrica de roupas Triangle Shirtwaist, o mais mortal acidente industrial da cidade de Nova York, Estados Unidos, se transformou num marco da luta pelos direitos das mulheres. O incidente matou 146 pessoas, 23 homens e 123 delas mulheres.



O modelo atômico de Rutherford

No ano de 1911, Ernest Rutherford apresentou à comunidade científica o seu modelo atômico. O modelo de Rutherford, também chamado de modelo do sistema solar, foi o terceiro na história da Atomística (sendo os dois primeiros o modelo de Dalton e o modelo de Thomson) e foi considerado o modelo que estimulou toda a evolução do conhecimento sobre o constituinte da matéria, o átomo.





1. A descoberta ocorreu quando o cientista percebeu, ao estudar partículas alfa, que algumas delas não se desviavam muito pelo caminho.

2. Ao estudar as trajetórias das partículas alfa, percebeu-se que algumas delas se desviavam muito mais do que outras.

3. As partículas alfa são muito pequenas e leves, mas possuem uma carga elétrica positiva.

4. Uma partícula alfa que se desvia muito pouco ao passar por uma substância é considerada uma partícula alfa que passou por uma região vazia.

5. Uma partícula alfa que se desvia muito pouco ao passar por uma substância é considerada uma partícula alfa que passou por uma região vazia.

6. Uma partícula alfa que se desvia muito pouco ao passar por uma substância é considerada uma partícula alfa que passou por uma região vazia.

"SOL SERIA UM PEQUENO NÚCLEO E OS PLANETAS, ORBITANDO AO SEU REDOR, SERIAM OS ELÉTRONS."

Características:

O modelo atômico de Rutherford apresenta como principais características um núcleo positivo e uma eletrosfera negativa, todas evidenciadas por um experimento que utilizou radiação e ouro.

a) Núcleo (que foi comparado ao sol no sistema solar)
 Uma região central do átomo que apresenta:

- partículas positivas (os prótons);
- baixo volume;
- maior massa;
- maior densidade do átomo.

b) Eletrosferas (que foram comparadas às órbitas descritas pelos planetas no sistema solar)
 Regiões do átomo que apresentam:

- imensos espaços vazios entre si;
- partículas de natureza negativa (os elétrons).

Construção do modelo

A construção do modelo de Rutherford iniciou-se a partir do estudo das propriedades dos raios X e das emissões radioativas, culminando na utilização de radiação sobre um artefato inerte.

VIDEO SOBRE O MODELO ATÔMICO



Referências

DIAS, Diego Lopes. "Modelo atômico de Rutherford". Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/es-atomico-rutherford.htm>. Acesso em 08 de abril de 2022.

FRAZAO, Dileia. Biografia de Ernest Rutherford. Disponível em: <https://www.biografias.com/ernest-rutherford/>. Acesso em 08 de abril de 2022.

laurencas@mx2.unisc.br
Escola Educar-se
lsrodrigues@mx2.unisc.br
laurencas@mx2.unisc.br
Escola Educar-se
lsrodrigues@mx2.unisc.br

Fonte: Dados da Pesquisa, 2022

Neste viés, inicialmente, o grupo se deteve a discutir sobre a biografia do cientista Ernest Rutherford, que nasceu na Nova Zelândia, em uma família humilde e numerosa (LOPES, 2009). Contudo, a partir de uma iniciativa empreendedora realizada por seus pais, foi possível angariar os recursos necessários para custear a educação de parte dos onze filhos, dentre eles de Rutherford que desde tenra idade já demonstrava interesse e potencial na área de CNT (UFRGS, 2022). Já na universidade, conforme expresso na biografia do cientista em questão, Rutherford foi contemplado com uma bolsa de estudos e complementava sua renda por aulas

particulares, valores que auxiliavam com a despesa, livros e materiais (UFRGS, 2022).

Durante um período de tempo, de acordo com Lopes (2009), Rutherford, interessado nas pesquisas de Hertz a respeito das ondas eletromagnéticas, desenvolveu aparelhos a partir de materiais alternativos. No entanto, vislumbrando o ingresso em grandes centros de pesquisa, Rutherford mudou-se para Inglaterra. Afinal, a pesquisa científica, em crescente complexidade, requer equipamentos, ambientes adequados, livros e colegas especializados, dos quais somente poderia usufruir em locais de grande concentração econômica. Em 1893, com apenas 22 anos de idade, Rutherford já se dedicava a perscrutar Matemática e Física, sob a orientação de Thomson, cientista responsável pela identificação do elétron e proposição do modelo atômico “pudim de passas” (LOPES; GOMES, 2018).

Ainda neste período, Roentgen descobre os raios X e Becquerel, em 1896, relata suas descobertas sobre radiação oriunda de certos elementos (UFRGS, 2022). Já Rutherford, ao estudar as radiações do urânio, identificou radiações de duas naturezas distintas, visto que ao passar pelo campo magnético, elas seguiam em sentidos opostos, fato que sugeria que estas fossem constituídas por partículas carregadas eletricamente, sendo nomeadas como radiação alfa e beta, designações utilizadas ainda hoje. Já as radiações que pareciam não sofrer influências do campo magnético foram nomeadas como raios gama (UFRGS, 2022).

Ademais, o grupo destaca que Rutherford formulou, a partir dos raios gama, a hipótese de que a radioatividade não se tratava de um fenômeno comum a todos os átomos, mas somente daqueles provenientes de uma única classificação, os quais tendem a perder energia com as partículas emitidas (LOPES, 2009). Ainda em consonância ao autor, essa proposição conduzia à ideia de que os elementos radioativos, ao decorrer de um período de tempo, eram submetidos a um processo de transmutação, resultando na formação de outros elementos de massa atômica menor, sendo realizadas inúmeras experiências para a verificação desta concepção.

O período entre o final do século XIX e o início do século XX foi marcado por revoluções científicas. Destarte, com o apogeu do colonialismo, a Europa vivenciava uma fase de prosperidade econômica, possibilitando o direcionamento de recursos para o financiamento de pesquisas. Ainda neste período, Marie e Pierre Curie haviam descoberto o rádio e o polônio, ambos produtos da desintegração natural de átomos de elementos químicos de maior massa (UFRGS, 2022). Deste modo, de acordo com

a biografia do autor, com a intencionalidade de descrever os elementos radioativos, Rutherford e seus colegas observaram que o urânio e o chumbo se constituíam como extremos, sendo todos os elementos intermediários a estes resultantes da desintegração. Tal achado lhe conferiu o prêmio Nobel de Física em 1908.

Os estudantes mencionaram que a experiência realizada em meados de 1908, envolvendo o bombardeio de uma folha de ouro com partículas alfa, conduziu Rutherford a algumas observações, como a maioria das partículas percorria a folha sem sofrer desvios. Diante das suas observações e por meio dos cálculos realizados, foi possível concluir que os átomos de ouro consistem basicamente em estruturas parcialmente vazias, e não esferas maciças como comumente se pensava. Contudo, em uma região específica do átomo, identificou-se um agrupamento da carga positiva que, por sua vez, acarretava no desvio de parte diminuta das partículas alfa. Ainda, o grupo de estudantes mencionou que o modelo em questão se assemelhava ao sistema solar: o núcleo central do átomo, e a eletrosfera, onde o núcleo encontra-se cercado de partículas negativas (SANTOS, 2020).

Além do mais, os estudantes fundamentados na biografia proposta pela UFRGS (2022), mencionaram que, em decorrência de adventos como a Primeira Guerra Mundial, Ernest Rutherford teve que interromper seus estudos a respeito do núcleo e da eletrosfera do átomo, sendo requisitado a ocupar-se com pesquisas com finalidades militares. Assim como Rutherford, muitos dos estudantes e dos seus colaboradores também foram convocados aos serviços militares, sendo seu trabalho retomado somente após o término da Primeira Guerra Mundial.

Nesse contexto, a fim de aprofundar as discussões realizadas nos encontros anteriores, no quarto encontro propôs-se a elaboração de protótipos dos modelos atômicos, em específico dos modelos atômicos de Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, Sommerfeld, Schrödinger e de Chadwick. Neste momento, disponibilizou-se um conjunto de materiais alternativos e de baixo custo, visando proporcionar reflexões sobre os modelos atômicos, tornando-os mais palpáveis e próximos aos estudantes, como sugerem Garreto e Machado (2018).

Nesse linear, assumindo o átomo como um dos conceitos centrais da Química, os modelos atômicos se constituem como representações fundamentadas em experimentos que possuem a finalidade de propor explicações para o comportamento de um átomo (LOPES, GOMES, 2018). Dessa forma, ainda em consenso aos autores,

foi proposto, a partir de diferentes materiais, a elaboração de protótipos dos modelos de modo a corroborar para uma visão mais próxima possível da representação conceitual do objeto em questão, pois, de acordo com Chassot (1993, p. 100) são como “ferramentas fundamentais de que dispomos para compreendermos o mundo cujo acesso real é muito difícil”.

No que tange ao quinto encontro, foi proposto um conjunto de atividades, dentre as quais havia uma adaptação do jogo nomeado como “*tetris*”; a organização de quatro tipos de formatos de blocos, no qual o jogador deve organizar os blocos de modo a articular a resposta presente com a sua respectiva dica disposta no tabuleiro da atividade. Esta configuração demonstrou-se bastante profícua para retomada de aspectos conceituais relacionados ao objeto de conhecimento sob investigação, visto que os alunos se mostraram instigados e entusiasmados em realizar a tarefa, a qual pode ser visualizada na Figura 6.

Figura 6: Uma das atividades proposta na dinâmica aprendizagem por estações



Fonte: Acervo da Pesquisa, 2022

Além disso, na segunda estação foi proposta a realização de algumas experiências, como a “Corrida de rolagem de latas” do livro “73 Truques Legais de Ciências Para Surpreender Seus Amigos”, de Anna Claybourne. Nesta atividade, disponibilizou-se materiais como uma lata de refrigerante vazia, um balão e um pequeno roteiro com algumas orientações, como pode ser observado no excerto do livro da autora supracitada “[...] carregue o balão com eletricidade estática esfregando-o em seu cabelo ou em uma peça de roupa de lã. Coloque a lata de lado, sobre uma mesa ou sobre um piso e segure o balão perto dela”. A autora, segue com as orientações “ela começará a rolar em direção ao balão. Continue movendo o balão para que a lata não o toque, e a lata continuará a rolar. A que velocidade você pode fazê-la rolar?” (CLAYBOURNE, 2021, p. 88).

A partir da realização do experimento descrito, os estudantes apresentaram possíveis articulações entre ele e a discussão a respeito dos modelos atômicos, como

pode ser observado nos seguintes recortes do diário de bordo da pesquisadora:

*Hélio*⁴: o experimento “de dobrar água” e o experimento “corrida da rolagem de latas” possuem o mesmo princípio. Isto é, quando esfregamos o balão em nosso cabelo ou em um casaco de lã, estamos fornecendo elétrons extras ao balão, logo uma carga elétrica negativa. Isso explica o fato de o balão atrair a lata, ou seja, atrair as partículas positivas da lata, fazendo com que ela role bem rápido — Recorte dos registros realizados pelos estudantes.

Sódio: um fenômeno com este princípio muito comum no nosso cotidiano é quando colocamos um casaco de lã, porque muitas vezes meu cabelo fica grudado no casaco — Recorte dos registros realizados pelos estudantes.

Em semelhança, na terceira estação se propôs a elaboração colaborativa de um poema sobre a evolução da teoria atômica, conforme indicado na Figura 7. Optou-se por esta atividade porque, como pontua Pereira (2019), a linguagem e a expressão artística podem se constituir como recursos promissores à aprendizagem e à compreensão dos modelos atômicos. A partir da análise destas se vislumbra possíveis compreensões a respeito do tema, bem como iniciativas voltadas para além da aquisição das informações. Ou seja, há indícios de compreensão sobre o processo de obtenção da informação e de como produzir e analisar de forma crítica a tarefa proposta; logo, os alunos, gradativamente, apropriaram-se da linguagem específica da área (BRASIL, 2018).

Já na quarta estação, realizou-se a construção de um mapa mental, a partir dos principais conceitos que perpassam pela evolução dos modelos atômicos, no que tange à possíveis definições, analogias e exemplos. Para tanto, nesta estação utilizou-se a plataforma *Coggle*⁵. Esta se constitui como uma plataforma bastante intuitiva para criação de mapas e esquemas mentais, na qual os estudantes podem, em tempo real, vivenciar a construção do esquema de forma colaborativa. Um dos esquemas elaborados pode ser observado na Figura 8.

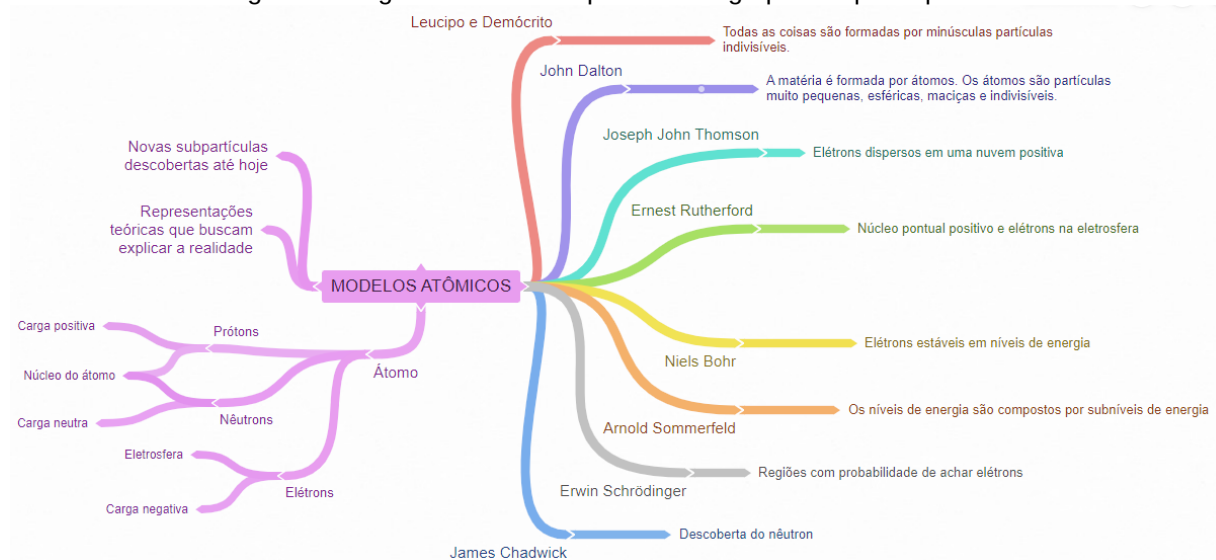
Em menção ao diagrama, é importante destacar questões sobre o processo de elaboração. Isto porque se requisitou dos estudantes, além da compreensão da temática, a obrigatoriedade de se posicionar criticamente frente ao processo de desenvolvimento entre os pares, bem como a necessidade de mediação de conflitos frente a ideias divergentes. Aspecto que é previsto pela BNCC, visto que se sugere a proposição de ações pedagógicas voltadas para a compreensão, a avaliação, a comunicação e a divulgação do conhecimento científico, de modo a fomentar “uma

⁴ Código de identificação do participante da pesquisa.

⁵ Plataforma Coggle: <https://coggle.it/>

maior autonomia em discussões, analisando, argumentando e posicionando-se criticamente” a respeito de temáticas inerentes à Ciência (BRASIL, 2018, p. 552).

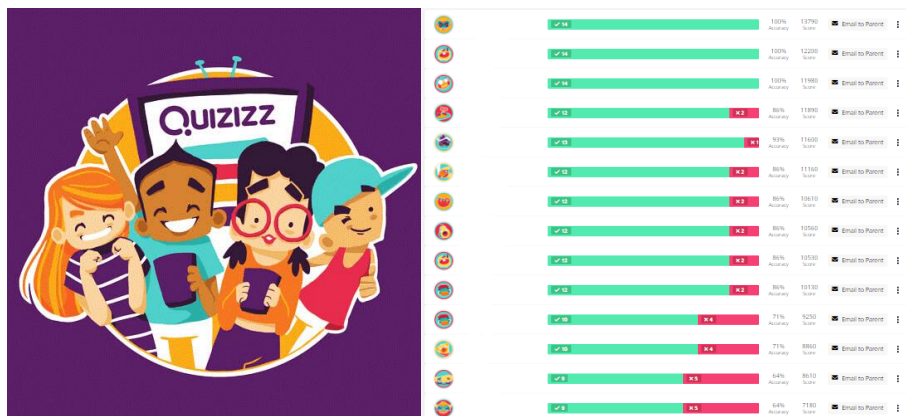
Figura 8: Diagrama elaborado por um dos grupos de participantes



Fonte: Dados da Pesquisa, 2022

Não obstante, na quinta estação realizou-se um conjunto de atividades na plataforma *Quizizz*. Esta plataforma, cujo objetivo está voltado à elaboração de um jogo de perguntas e respostas, apresenta sete formatos de questões, dos quais cinco são gratuitos. Desse modo, considerando a atividade mencionada, os estudantes responderam doze questões de múltipla escolha de forma correta, em menor tempo possível, ou seja, tanto velocidade quanto veracidade são contemplados no processo. Ao final, é exibido um ranking com a posição dos estudantes que obtiveram o maior número de pontos, sendo evidenciada na Figura 9 (B) a pontuação dos estudantes.

Figura 9: Logo da plataforma (A) e a pontuação dos estudantes (B)



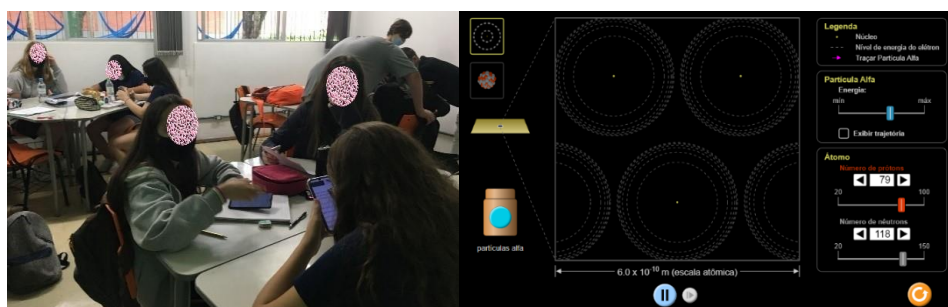
Fonte: Dados da Pesquisa, 2022

Nesta estação, foram obtidas 14 respostas, considerando a participação de 40 estudantes organizados em pequenos grupos. Este número se justifica pelo fato de

que um integrante do grupo era responsável por acessar a atividade e realizar as devidas marcações. Quanto ao percentual geral de aproveitamento da turma, identifica-se um valor próximo a 80%. Já a partir da análise dos catorze grupos sob uma perspectiva individual, foi possível identificar que: três grupos obtiveram um percentual de 100%, um grupo com 91,6% e outros 6 grupos com 83,3% de aproveitamento. Os demais grupos obtiveram um percentual de 66,7% e de 41,6%, tendo dois representantes de cada percentual, indicando uma necessidade de retomada dos conceitos discutidos com esses grupos, em específico.

Na sexta e última estação, explorou-se as simulações interativas dos modelos de Thomson e Rutherford na plataforma PhET. Nesta, os estudantes, além de explorar as especificidades de cada modelo, observaram os desvios das partículas alfa ao incidir no núcleo do átomo sob investigação. No experimento de Rutherford, por exemplo, tem-se como o material padrão o Ouro, representado pelo símbolo Au. Neste sentido, uma das indagações realizadas aos estudantes referiu-se à identificação da localização do elemento na tabela periódica, bem como a identificação da quantidade de prótons, nêutrons e elétrons que este possui. Na Figura 10, é possível identificar os estudantes explorando a simulação, bem como a página inicial da mesma.

Figura 10: Simulação “Espalhamento de Rutherford”

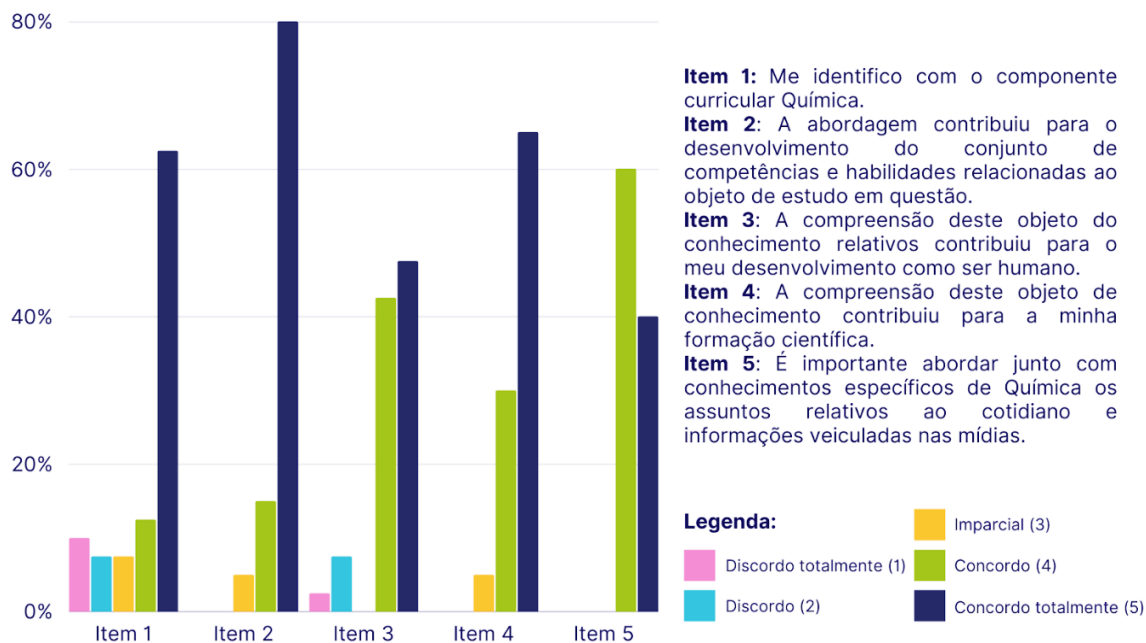


Fonte: Acervo da Pesquisa, 2022

Por fim, no último encontro previsto para a sequência didática, foi realizado um processo para além da avaliação dos conhecimentos, consistindo em um momento de diálogo e de reflexão frente à percepção dos alunos a respeito das atividades desenvolvidas. Primeiramente, a respeito da última atividade avaliativa sobre a evolução da teoria atômica realizada com o grupo, é importante mencionar que os dados oriundos desta atividade são bastante promissores no sentido de que, de uma totalidade de 40 estudantes, 38 estudantes obtiveram um bom desempenho na tarefa realizada, se desenhando como possível indício da compreensão do objeto em estudo, indicando um entendimento significativo do tópico “modelos atômicos”.

Ainda na última aula, os estudantes responderam um formulário a respeito das percepções sobre as atividades desenvolvidas, conforme representado na Figura 10.

Figura 10: Formulário sobre as percepções do grupo.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2022

Quanto aos dados oriundos do formulário, o qual foi estruturado em conformidade com a escala de *Likert*, na qual os números 1 e 2 representam graus de discordância com a afirmação, os números 4 e 5 refletem a concordância e o número 3 refere-se a um posicionamento intermediário em relação ao exposto nas afirmações.

A respeito do primeiro item: “Me identifico com o componente curricular Química”, observa-se marcações em todas as cinco possibilidades de respostas. Com base na Figura 11, é possível identificar um percentual elevado de participantes que demonstraram afinidade e interesse pelo componente, visto que a soma dos percentuais dos graus 4 e 5 totalizou o equivalente a 75%. Quanto aos demais, visualiza-se 10% dos participantes que apontam veementemente não ter afinidade com o componente, enquanto 7,5% dos respondentes afirmam não ter afinidade ou não ter um posicionamento claro sobre a afirmação.

No que tange à segunda indagação: “A abordagem contribuiu para o desenvolvimento do conjunto de competências e habilidades relacionadas ao objeto de estudo em questão”, identifica-se o percentual de 95% de respondentes nos graus 4 e 5, sendo respectivamente, 15% e 80%. Nesse linear, com base nas considerações de Carbo e colaboradores (2019), uma das premissas do ensino é proporcionar aos

estudantes diferentes maneiras e estratégias para aprender, sendo recomendado que elas assumam um caráter flexível, diversificado e que fomentem o trabalho colaborativo, mas que oportunizem também as individualidades dos sujeitos.

O item “A compreensão deste objeto do conhecimento relativo ao componente Química contribuiu para o meu desenvolvimento como ser humano” apresenta apenas posicionamentos favoráveis e divergentes, os quais apresentam respectivamente, 90% (somando 4 e 5) e 10%. Supõe-se que os percentuais indicados sejam decorrentes do entendimento dos objetivos e premissas da área para a formação dos participantes, ou seja, mediante a apropriação de tais saberes e a compreensão da Ciência como em constante desenvolvimento, contribui-se para uma leitura mais crítica do mundo. Além do mais, ao decorrer do desenvolvimento da sequência didática, fomentou-se a leitura e a análise de pesquisas de cunho científico, assim como a discussão e a socialização dos trabalhos desenvolvidos, requisitando por parte do estudante a estruturação de discursos argumentativos. Do mesmo modo, instigou-se a produção de materiais midiáticos por meio da utilização de distintos recursos e programas.

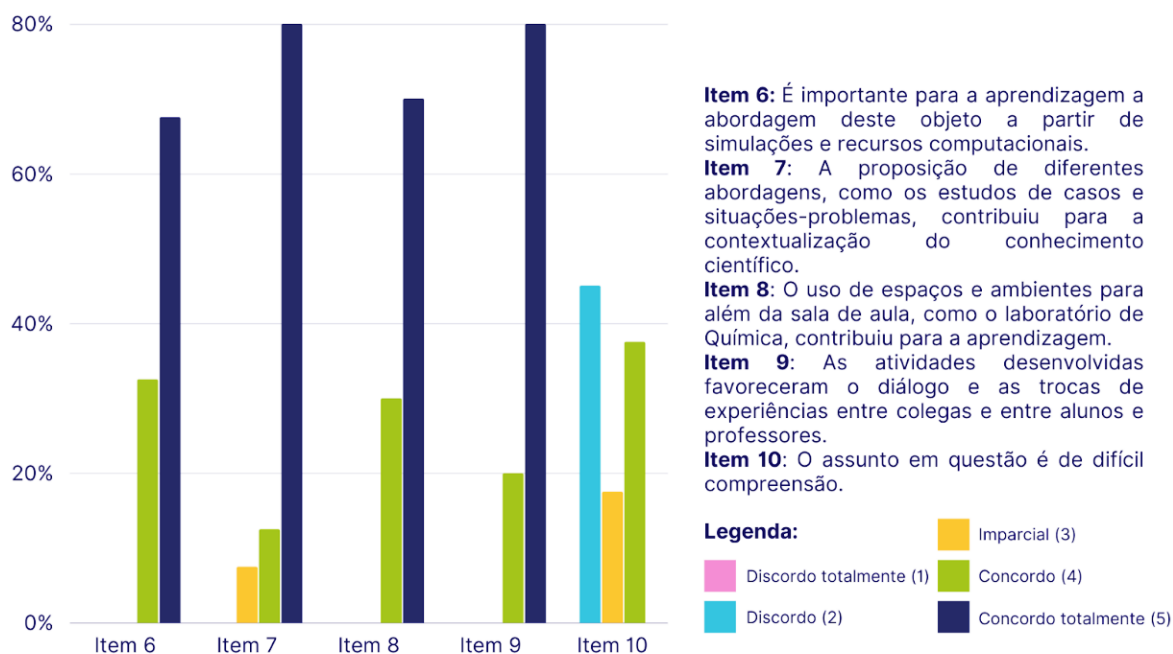
Em síntese, supõe-se que tais ações contribuíram para a leitura mais crítica de mundo por parte dos estudantes, visto que o processo de ler e analisar pesquisas científicas requer do aluno um domínio maior sobre os elementos científicos estruturantes, o que também aperfeiçoa o processo argumentativo que deriva da socialização. Ou seja, o movimento pesquisar-socializar-argumentar não só exige do aluno habilidades e competências relacionadas ao campo cognitivo, como também requer atitudes e valores socioemocionais. Aspecto que também é observado no item 4: “A compreensão deste objeto de conhecimento contribuiu para a minha formação científica”, onde 95% dos participantes concordam com a afirmação, dos quais 65% indicaram o grau 5 e os demais 30% pontuaram o grau 4. Ainda, identificou-se um singelo percentual equivalente a 5% no item 3, havendo percentual intermediário.

Ao tocante à quinta indagação: “É importante abordar junto com conhecimentos específicos de Química os assuntos relativos ao cotidiano e informações veiculadas nas mídias de informação e de comunicação”, identifica-se um consenso, visto que o grupo, em sua totalidade, afirma concordar ou concordar totalmente com a afirmação. Tal resultado está alinhado com a necessidade de abordar os conhecimentos específicos de forma contextualizada, no sentido de o estudante perceber a

aplicabilidade de tal saber em sua vida cotidiana.

Na figura 11 pode-se observar os percentuais atribuídos as demais perguntas.

Figura 11: Formulário sobre as percepções do grupo.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2022

Sobre o item 6, que reitera sobre a importância “da abordagem deste objeto de conhecimento a partir de simulações e recursos computacionais” para a aprendizagem, destaca-se um percentual de 100% de concordância, distribuídos entre os graus 4 e 5.

Ainda em alusão à Figura 11, em específico ao item 7, o qual menciona: “A proposição de diferentes abordagens, como os estudos de casos e situações-problemas, contribuiu para a contextualização do conhecimento científico”, destaca-se que apenas 7,5 % dos sujeitos não possuem um posicionamento de concordância sobre a afirmação. Os percentuais observados no item 7 estão em conformidade com a pesquisa de Carbo e colaboradores (2019), visto que atribuem à aula um caráter dinâmico, interativo e interessante aos estudantes, corroborando para o interesse e envolvimento deles no decorrer da realização da atividade. Consequentemente, fomenta o engajamento dos sujeitos para além das ações realizadas nos espaços formais de ensino, buscando, assim, por páginas, séries, textos e reportagens sobre o assunto, colaborando para o entendimento do tópico, como pode ser observado nos relatos dos participantes da pesquisa:

Lítio: gostamos muito das atividades desenvolvidas, pois apesar de os modelos atômicos serem um conteúdo difícil pela quantidade de informações, conseguimos compreender bem o tópico estudado, principalmente como foi proposto cada modelo e em que cenário histórico ele foi desenvolvido — Recorte dos registros realizados pelos estudantes.

Já os itens 8 e 9, que se referem ao “Uso de espaços e ambientes para além da sala de aula, como o laboratório de Química, contribuiu para a aprendizagem” e “As atividades desenvolvidas favoreceram o diálogo e as trocas de experiências entre colegas e entre alunos e professor”, também apresentam um percentual elevado de respostas favoráveis, visto que os dados de ambos os questionamentos indicam apenas marcações nos itens 4 e 5, ou seja, um grau de concordância de 100%.

A respeito das aulas experimentais, foi realizado o teste de chama, experimento no qual átomos de diferentes elementos químicos são colocados sob a chama, com a intenção de excitar os elétrons para haver a mudança dos mesmos para outros níveis de maior energia; logo, conforme o modelo atômico proposto por Niels Bohr, ao retornarem os elétrons tendem a liberar energia na forma de luz (MELLO; MICARONI; CUNHA, 2018). Ainda, de acordo com as autoras mencionadas, a realização de atividades experimentais são fundamentais para a compreensão e aprofundamento dos objetos de conhecimentos abordados, se constituindo como uma possibilidade de abordagem mais concreta para este campo do saber.

O último questionamento do formulário, o item 10, reiterava que o objeto de conhecimento “evolução dos modelos atômicos é de difícil compreensão”. Frente a essa, não houve nenhuma marcação nos graus 1 e 5, pontos extremos da escala de *Likert*. As marcações foram distribuídas entre os graus 2, 3, e 4 com percentuais de 45%, 17,5% e 37,5%, respectivamente. O item sob análise também vai ao encontro das colocações de Lítio, visto que o objeto de estudo em questão, apresenta um grau significativo de complexidade, pois, como reitera Del Pino (2006), os materiais como os livros didáticos pouco exploram o processo de construção do conhecimento científico, se detendo, sobretudo, em datas de descobertas, nascimento e morte de cientistas, entre outras afirmações pontuais.

Em síntese, acredita-se que a atividade proposta, considerando todos os elementos, as estratégias e os recursos presentes na sequência didática, possibilitou aos alunos mobilizar diferentes competências e desenvolver múltiplas habilidades, pois foram encontros que, além de aguçar o interesse e a curiosidade dos sujeitos, proporcionaram a esses um movimento de analisar, interpretar e organizar textos,

perpassando por um processo de decodificação de ideias em mapas e estrofes, a pesquisa, publicização e argumentação sobre elementos científicos emergidos a partir da História da Ciência. Nesse sentido, o Quadro 1, de forma sucinta a partir dos encontros, visa ilustrar as habilidades e as competências mobilizadas.

Quadro 1: Competências e habilidades mobilizadas em cada encontro

Encontro	Ações	Habilidades
1	Elaboração de um acróstico para a definição de Química e a Criação de uma nuvem de palavras.	EM13CNT201 EM13CNT301
2	Momento expositivo sobre a temática e orientações da atividade a ser desenvolvida sobre os modelos atômicos.	EM13CNT101 EM13CNT303 EM13CNT207
3	Apresentação dos trabalhos sobre modelos atômicos.	EM13CNT305 EM13CNT302 EM13CNT103
4	Elaboração dos protótipos dos modelos atômicos.	EM13CNT302
5	Atividade aprendizagem por estações.	EM13CNT205
6	Atividade avaliativa e formulário sobre a percepção dos estudantes a respeito das atividades desenvolvidas.	EM13CNT101

Fonte: Elaboração Própria, 2022

Em síntese, é importante mencionar que com o desenvolvimento desta ação pedagógica para a discussão da História da Ciência e dos modelos atômicos, buscou-se fomentar o desenvolvimento das habilidades supracitadas, no sentido de assegurar que, no decorrer da formação geral básica, o estudante vivencie e compreenda para além da sistematização do conhecimento conceitual característico da área, mas também perceba o papel do conhecimento científico nas distintas organizações, como social e cultural. Não obstante, a dimensão investigação foi enfatizada ao longo da sequência didática, para que fossem compreendidos os procedimentos característicos da pesquisa científica, bem como a linguagem, os códigos, as simbologias e as nomenclaturas características da CNT.

4 Considerações finais

Diante das considerações realizadas ao longo do texto, é possível concluir e validar a sequência didática desenvolvida como profícua para o processo de construção do conhecimento científico sobre os modelos atômicos, no sentido de compreendê-la como uma estratégia facilitadora da aprendizagem do objeto de estudo mencionado. Da mesma forma, atividades desta natureza são fundamentais à

formação científica dos estudantes, no sentido de compreender a História da Ciência para além de menção de datas e nomes memoráveis, isto é, se deter especialmente no entendimento sobre o processo construtivo do conhecimento científico, que é fortemente influenciado por condições históricas, políticas e econômicas.

Ainda a respeito da abordagem proposta para a discussão sobre a evolução dos modelos sob uma perspectiva histórica, salienta-se que foi buscado tratar da temática de modo a evidenciar seu processo de construção de forma complexa, bem como algo essencial para o desenvolvimento da sociedade. Dessa maneira, reitera-se que tais discussões são preconizadas nesta etapa de ensino, visando o aprofundamento e a ampliação das discussões e das reflexões sobre os contextos de construção e aplicação dos conhecimentos científicos no cotidiano dos sujeitos, como proposto pela BNCC.

Ademais, mediante um planejamento plural, que engloba um conjunto de atividades diversificadas, tais como uso de jogos, simulações, práticas experimentais, buscou-se fomentar o interesse e o envolvimento dos estudantes na realização das atividades propostas, possibilitando-lhes a promoção e a mobilização de diferentes competências e habilidades. Em outras palavras, buscou-se engajar os estudantes no processo de construção do conhecimento científico, de forma a corroborar com uma formação científica mais sólida, enraizada nas concepções da História da Ciência. Tais ações foram realizadas com vistas a explorar as relações entre os estudantes, visando desenvolver uma consciência crítica para uma atuação com responsabilidade à construção de uma sociedade mais justa e igualitária.

Agradecimentos

Esta pesquisa foi realizada com total apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — Brasil (CAPES) — 53227221.3.0000.5349. Agradeço à instituição pela bolsa concedida e pelo apoio financeiro, os quais foram essenciais para o desenvolvimento deste estudo.

Referências

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC/SEB, 2018.

CARBO, L.; DA SILVA TORRES, F.; ZAQUEO, K. D.; BERTON, A. Atividades práticas e jogos didáticos nos conteúdos de química como ferramenta auxiliar no ensino de ciências. **REnCiMa**, São Paulo, v. 10, n. 5, p. 53-69, 2019.

CHASSOT, A. **Catalisando as transformações na Educação**. Ijuí: Ed. Unijuí, 1993.

CLAYBOURNE, A. **73 Truques legais de Ciências para surpreender seus amigos**. Cotia: Pé Da Letra, 2021.

CRESWELL, J. W.; CLARK, W. E.; MORALES, V. L. *Qualitative research designs: Selection and implementation*. **The counseling psychologist**, Thousand Oaks, v. 35, n. 2, p. 236-264, 2007.

ENGEL, G. I. Pesquisa-ação. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 16, p. 181-191, 2000.

FORATO, T. C. de M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

GARRETO, M. S. E.; MACHADO, C. C. Uso de protótipos para o ensino de modelos atômicos e estrutura molecular para deficientes visuais: uma simulação com alunos vendados. **Infinitum**, São Bernardo, v. 1, n. 1, p. 109-124, 2018.

GUIMARÃES, Y. A. F.; GIORDAN, M. Instrumento para construção e validação de sequências didáticas em um curso a distância de formação continuada de professores. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011, Campinas. 2011. **Anais...** Campinas: ABRAPEC, 2011, p. 875-882.

HORN, M. B.; STAKER, H.; CHRISTENSEN, C. **Blended**: usando a inovação disruptiva para aprimorar a Educação. Porto Alegre: Penso, 2015.

KURZ, D. L.; BEDIN, E. As potencialidades das tecnologias de informação e comunicação para a área das ciências da natureza: uma investigação em periódicos da área. **Interfaces da Educação**, Paranaíba, v. 10, n. 30, p. 199-220, 2019.

LIMA, M. M.; IBRAIM, S. S.; SANTOS, M. Análise de aspectos de natureza da ciência expressos por uma professora em formação inicial no contexto de uma disciplina de história da química. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 23, p. 1-19, 2021.

LOPES, B. E. R.; GOMES, B. M. Dos Filósofos gregos à Bohr: uma revisão histórica sobre a evolução dos modelos atômicos. **Revista Ifes Ciência**, Vitória, v. 4, n. 2, p. 122-139, 2018.

LOPES, C. V. M. **Modelos atômicos no início do século XX**: da física clássica à introdução da teoria quântica. 2009. 173f. Tese (Doutorado em História da Ciência) — Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologias. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

MARTINS, R. A. Como pesquisar sobre história da biologia: alguns pontos importantes. **Boletim de História e Filosofia da Biologia**, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 4-9, dez. 2008.

MELLO, R. M. Q.; MICARONI, L.; CUNHA, M. M. da. Química na Prática: divulgando a química nas escolas. **Extensão em Foco**, Palotina, n. 17, p. 149-163, 2018.

MORAES, J. U. P.; ARAÚJO, M. S. T. **O Ensino de Física e o Enfoque CTSA: caminhos para uma educação cidadã.** São Paulo: Livraria da Física, 2012.

PEREIRA, G. S. A química cantada: ensinando os modelos atômicos através da composição musical. **Brazilian Applied Science Review**, v. 3, n. 1, p. 570-584, 2019.

RIO GRANDE DO SUL. **Resolução CEEed nº 345**, de 12 de dezembro de 2018. Referencial Curricular Gaúcho. Porto Alegre, 2018.

ROSA, S. E., STRIEDER, R. B. Não Neutralidade da Ciência-Tecnologia: verbalizações necessárias para potencializar a constituição de uma cultura de participação. **Linhas Críticas**, Brasília, v. 25, p. 124-149, 2019.

SANTOS, V. **Modelo atômico de Rutherford ou “Planetário” (1911).** Departamento de Ciências Exatas e da Natureza Química. Porto Alegre: UFRGS/CAP, 2018.

SILVA, K. M. O.; SILVA, O. **Dos atomistas ao átomo moderno: um resgate histórico da evolução dos modelos atômicos.** Cidade: IFPE, 2021.

SILVA, N. F. L. **Uma abordagem para o ensino de modelos atômicos e radioatividade a partir da História da Ciência.** 2019. 206f. Dissertação (Mestrado em Química) — Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Uberaba.

SOUZA, K. R.; KERBAUY, M. T. M. Abordagem quanti-qualitativa: superação da dicotomia quantitativa-qualitativa na pesquisa em educação. **Educação e Filosofia**, Uberlândia, v. 31, n. 61, p. 21-44, 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Biografia de Ernest Rutherford.** Disponível em: <https://www.ufrgs.br/fismed/rutherford.htm>. Acesso em: 26/05/2022.

VIEIRA, C. T.; VIEIRA, R. M. **Construindo práticas didático-pedagógicas promotoras da Literacia Científica e do Pensamento Crítico.** Madrid: OEI – IberoCiencia, 2014.

ZABALLA, A. **Como trabalhar os conteúdos em sala de aula.** Porto Alegre: Artmed, 1998.