

Análise fenomenológica das representações mentais de alunos do ensino básico em uma perspectiva de resgate à História e Filosofia da Ciência

Phenomenological analysis of the mental representations of elementary school students from the perspective of recovering the History and Philosophy of Science

Análisis fenomenológico de las representaciones mentales de los estudiantes de primaria desde la perspectiva de recuperar la Historia y Filosofía de la Ciencia

Recebido: 01/12/2021 | Revisado: 06/12/2021 | Aceito: 10/12/2021 | Publicado: 18/12/2021

Skárlat Mayana Kettle Furtado

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0023-9815>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: kettle19@gmail.com

Renato Henriques de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0160-1583>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: rhsouza@ufam.edu.br

Resumo

Neste trabalho discutimos a respeito das representações mentais que os alunos têm sobre a Teoria Atômica. Partimos da premissa de que a realização de estudos voltados ao entendimento dos modelos mentais possibilita a compreensão da percepção humana, pois se trata de como vemos o mundo. Consequentemente, isso permite-nos abrir para possibilidades de compreensão dos conceitos científicos. Por conseguinte, utilizando a estratégia de investigação denominada fenomenologia, buscamos compreender as representações mentais de alunos da Educação Básica por meio de experiências e de concepções que eles possuem acerca dos modelos atômicos e da ciência. Para isso, analisamos as representações de dezesseis participantes da pesquisa, alunos do segundo ano do Ensino Médio Técnico Integrado em Informática do Instituto Federal do Amazonas (IFAM - Campus Itacoatiara/AM). O *corpus* de análise é composto por desenhos e outras formas de linguagem apresentadas pelos estudantes principalmente por meio de entrevistas semiestruturadas gravadas e questionários aplicados de forma individual em diferentes fases da pesquisa. Nossos resultados sugerem que uma abordagem de ensino pautada na História e Filosofia da Ciência (HFC) pode ser uma possível alternativa para a mudança de visões fragmentadas e incipientes que comumente perpassam a compreensão dos modelos dos átomos. Em outras palavras, consideramos que a HFC possibilita processos de ressignificação e, com base nisso, concluímos que esse tipo de abordagem se caracteriza como necessária no âmbito do Ensino de Ciências.

Palavras-chave: História e filosofia da ciência; Modelos mentais; Teorias atômicas; Ensino de química.

Abstract

In this work we discuss about the mental representations that students have about Atomic Theory. We start from the premise that carrying out studies aimed at understanding mental models enables the understanding of human perception, as it is about how we see the world. Consequently, this allows us to open up to possibilities for understanding scientific concepts. Therefore, using the research strategy called phenomenology, we seek to understand the mental representations of Basic Education students through their experiences and conceptions about atomic models and science. For this, we analyzed the representations of sixteen research participants, students in the second year of the Integrated Technical High School in Computer Science at the Federal Institute of Amazonas (IFAM - Campus Itacoatiara / AM). The corpus of analysis is composed of drawings and other forms of language used by students, mainly through the classification of recorded semi-structured and specific questionnaires individually at different stages of the research. Our results obtained that a teaching approach based on History and Philosophy of Science (HPS) can be a possible alternative for changing fragmented and incipient views that commonly permeate the understanding of the models of atoms. In other words, the words consider that an HFC enables redefinition processes and, based on that, we conclude that this type of approach stands out as necessary in the scope of Science Teaching.

Keywords: History and philosophy of science; Mental models; Atomic theories; Chemistry teaching.

Resumen

En este trabajo discutimos sobre las representaciones mentales que tienen los estudiantes sobre la Teoría Atómica. Partimos de la premisa de que la realización de estudios orientados a la comprensión de los modelos mentales permite comprender la percepción humana, ya que se trata de cómo vemos el mundo. En consecuencia, esto nos permite abrirnos a posibilidades de comprensión de conceptos científicos. Por lo tanto, utilizando la estrategia de investigación denominada fenomenología, buscamos comprender las representaciones mentales de los estudiantes de Educación Básica a través de las experiencias y concepciones que tienen sobre los modelos atómicos y la ciencia. Para ello, analizamos las representaciones de dieciséis participantes de la investigación, estudiantes de segundo año de la Bachillerato Técnico Integrado en Informática del Instituto Federal Amazonas (IFAM - Campus Itacoatiara/AM). El corpus de análisis está compuesto por dibujos y otras formas de lenguaje utilizadas por los estudiantes, principalmente a través de la clasificación de formas semiestructuradas registradas y cuestionarios específicos de forma individual en las diferentes etapas de la investigación. Nuestros resultados obtuvieron que un enfoque de enseñanza basado en Historia y Filosofía de la Ciencia (HFC) puede ser una posible alternativa para cambiar visiones fragmentadas e incipientes que comúnmente permean la comprensión de los modelos de átomos. Es decir, las palabras consideran que un HFC posibilita procesos de redefinición y, en base a ello, concluimos que este tipo de abordaje se destaca como necesario en el ámbito de la Enseñanza de las Ciencias.

Palabras clave: Historia y filosofía de la ciencia; Modelos mentales; Teorías atómicas; Enseñanza de la química.

1. Introdução

O presente estudo iniciou-se com as vivências da primeira autora deste manuscrito em um período marcado por experiências de trabalho docente. Em outras palavras, as compreensões aqui expostas originam-se por meio de interações aluno-professor. Enquanto educadora, observo que cada vez mais os alunos sentem-se confortáveis em conversar com os seus professores. Neste diálogo, inclui-se a liberdade deles falarem a respeito da nossa didática em sala de aula. Alguns alunos relatam, inclusive, nossas falhas ou erros, algo que pode ser compreendido como um pedido para que sejam melhoradas as práticas de ensino.

Considerando o cenário exposto, certa vez, após algumas conversas que ocorrem em meio a atividades de finalização do ano letivo, um aluno abordou-me com a seguinte questão: *“Professora, a senhora entende sobre os modelos atômicos de Bohr e Dalton?”*. Eu o respondi positivamente, e então ele continuou: *“Preciso lhe confessar que não entendi nada deste assunto, se a senhora souber uma maneira mais fácil de explicar isso, por favor, use com seus próximos alunos e se puder me chame. Parece ser um conteúdo bastante interessante e sinto vontade de compreender melhor como foi para os cientistas chegarem ao conhecimento sobre a existência do átomo”*. Deparando-me com esse posicionamento e com a forma que este aluno abordou a questão, enquanto educadora, creio que não poderia julgá-la como maldosa. Ao contrário, sua análise e abordagem serviram como ‘pontapé’ inicial para que surgisse em mim a necessidade de transformação. Destarte, mesmo estando ciente de que dificilmente há alterações nos currículos escolares vigentes, enquanto alguém que é licenciada em ciências, compreendo que o papel do professor abrange princípios de reflexão, pesquisa e ação (Pimenta & Lima, 2012). Em outras palavras, cabe ao professor refletir sobre a sua própria prática.

Ao redigir este breve relato sobre as minhas experiências docentes, um conceito que vem à minha memória é o de Educação Bancária. A obra de Freire (1967) vai de encontro a esse modelo de ensino. Ele se referia à Educação Bancária como aquela tradicionalmente realizada na escola, a qual historicamente apresenta um ensino descontextualizado e mecânico. Nesse viés, a instituição escolar comumente trata os alunos como pessoas vazias, sem conhecimentos ou experiências, e nessa relação o professor é único conhecedor da verdade e deve transmitir conhecimentos. Freire relata que nesse modelo os conteúdos ensinados em sala de aula são incoerentes com a realidade do aluno, o que faz com que muitos educandos saiam do âmbito escolar sem relacionar as suas vivências com os contextos históricos, culturais, políticos, econômicos e sociais acerca dos conhecimentos que lhes foram apresentados. Considerando o exposto, a nosso ver, os conhecimentos escolares deveriam ser associados à sua própria realidade histórica, cultural e social. Justamente por isso, Freire e outros estudiosos posicionaram-se contra esse modelo de ensino acrítico, por observarem que na educação bancária o professor apenas “narra” o conhecimento,

fazendo-o parecer como algo pronto, acabado e estático. Nesse viés, o aluno é visto como alguém que nada sabe e os conteúdos apresentados são apenas parte de uma organização programática, ou seja, de uma ementa. Como consequência disso, temos a perda da curiosidade, criticidade e autonomia dos educandos, decorrente de um ensino fragmentado, descontextualizado e que promove a desvalorização de um ensino crítico-reflexivo (Menezes & Santiago, 2014).

Por conseguinte, ao mencionarmos sobre a educação bancária, a nosso ver, muitos modelos utilizados no ensino de Química acabaram por se encaixar a este molde, como, por exemplo, o estudo da Teoria Atômica. Essas teorias, muitas vezes, são apresentadas em livros didáticos com um argumento simplista, em pequenos textos e com imagens da estrutura do átomo que podem facilmente ser encontradas em materiais disponíveis na internet (Ferreira, 2013). Materiais esses que trazem uma ideia de ciência dogmática e que segue uma sequência rígida, não levando em consideração o conhecimento que tínhamos no passado para chegar ao que temos no presente. Ademais, muitas vezes o modelo atômico apresentado nos materiais didáticos dá margem a interpretações de que as primeiras teorias atômicas são incorretas e que, por isso, elas foram anuladas após as novas descobertas científicas. Essa visão desconsidera a relação e a importância dos modelos anteriores para o desenvolvimento do atual modelo vigente. Tal questão é abordada por Raicik e Peduzzi (2016), que apontam que nos últimos anos a história da ciência está cada vez mais presente nos livros didáticos, mas que, muitas vezes, ela é apresentada de forma distorcida ou equivocada, negligenciando o próprio processo de desenvolvimento da Ciência. Destarte, os alunos saem da escola com uma visão distorcida sobre a História, Filosofia e Epistemologia da Ciência e com modelos e/ou percepções equivocadas a respeito das teorias propostas por Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr.

Com o intuito de promover uma nova visão de ensino e em busca de romper com os efeitos da educação bancária no estudo das teorias atômicas, consideramos que se faz necessário associar esses conhecimentos à História da Química e a História e Filosofia da Ciência (HFC). Segundo Penitente e Castro (2010), existem situações em sala de aula que requerem análises à luz da História e da Filosofia da Ciência justamente por darem vida aos conteúdos, conceitos e ideias trabalhadas pelo(a) professor(a), contextualizando tais saberes e aproximando-os de aspectos da vida humana. Ademais, “[...] esses estudos históricos sugerem a possibilidade de uma nova imagem da ciência” (Kuhn, p. 22, 1962). Assim, intencionando chegar à compreensão de como realizar e promover essa mudança, parte deste estudo é voltado aos modelos mentais pelo fato deles trazerem uma perspectiva à discussão sobre a cognição humana. Nesse contexto, a ciência cognitiva usa os modelos mentais para caracterizar as formas pelas quais as pessoas compreendem e representam os sistemas físicos com os quais interagem (Cazelli *et al.*, 1999, Borges 1998).

Para analisar as representações mentais de alunos, o que ocorre por meio da compreensão de suas concepções relacionadas às suas histórias, experiências e conhecimentos prévios a respeito da história dos modelos atômicos, utilizamos a fenomenologia. Por meio dessa abordagem, neste estudo objetivamos averiguar as representações mentais de alunos da educação básica sobre o tema “átomos”. Para isso, buscamos capturar a essência do fenômeno estudado, relacionando-o a um movimento cujo objetivo precípuo será a investigação direta e a descrição de fenômenos vivenciados conscientemente, livres de preconceitos. Com essa abordagem, buscamos, então, compreender e interpretar o seu sentido e significado. Significado este que se manifesta para uma consciência, que, na fenomenologia, é entendida como a intencionalidade do fenômeno. Nessa relação, o fenômeno é compreendido como realidade *'perspectival'*, isto é, que não é única, considerando-se tantas quantas forem suas interpretações e comunicações. Partindo dessa percepção, isso torna a verdade do fenômeno subjetiva e relativa (Bicudo, 1994, Cirigliano, 1969).

2. Metodologia

A coleta de dados foi desenvolvida com o apoio (e no espaço) do IFAM - Campus Itacoatiara-AM, seguindo todos os critérios de ética para pesquisas desenvolvidas com seres humanos. Os alunos envolvidos, cujos pais concordaram com a sua

participação voluntária na pesquisa, cursavam o 2º ano do Ensino Médio Integrado ao Curso Técnico em Informática. Antes de iniciar a coleta de dados realizamos uma breve conversa a respeito da aplicação do primeiro questionário e da entrevista que seria gravada. Ambos (questionário e entrevista) foram aplicados de forma individual aos 27 alunos voluntários.

Após a realização de todas as entrevistas e aplicação dos questionários iniciais, foram entregues alguns materiais para os discentes intencionando que eles realizassem a sua leitura. Os textos foram selecionados pela pesquisadora por contemplarem aspectos da história dos modelos atômicos e conceitos científicos concernentes. Assim, as leituras e discussões foram mediadas pela pesquisadora, que realizou registros no diário de campo visando interpretações posteriores. Realizado este processo, foi aplicado aos participantes um segundo questionário. Posteriormente, houve uma breve aula expositiva-dialogada (Krasilchik, 2004), guiada por material em PowerPoint®. Nessa exposição, consideramos histórias, vídeos e algumas simulações sobre as Teorias Atômicas. Também foram realizados encontros para que os participantes pudessem elaborar, em pequenos grupos de 5-7 alunos, histórias em quadrinhos sobre o tema estudado. Vale destacar que as interpretações mobilizadas pelos discentes para a elaboração das histórias em quadrinhos foi categorizada como uma outra parte deste estudo que visa destacar possibilidades de construção de conhecimentos relativos à história e a filosofia da ciência. Tais aspectos serão contemplados em uma nova possível publicação.

Ao concluir a etapa de elaboração de quadrinhos, aplicamos o terceiro e último questionário individual. Em seguida, realizamos as entrevistas individuais. Como dissemos, como forma de registro optamos por gravar as entrevistas realizadas em grupo. A entrevista foi realizada com base em um roteiro semiestruturado e foram realizadas anotações em diário de campo acerca do trabalho realizado pelos alunos a respeito de suas participações na pesquisa. Foram realizados aproximadamente 22 encontros e dos 27 participantes que iniciaram conosco neste trabalho de investigação, apenas 16 permaneceram até o fim participando de todas as etapas. Dessa forma, foi considerado para análise e validação de dados apenas o material que foi coletado junto a esses dezesseis alunos.

As análises resultantes deste trabalho visam a compreensão das representações mentais dos alunos. Para isso, olhamos para os seus desenhos e para os questionários, aliando a esse olhar as suas concepções e/ou experiências relatadas nas entrevistas. Neste estudo focamos apenas na análise fenomenológica acerca do entendimento das concepções dos discentes sobre átomos, ciência, história e filosofia. Em outras palavras, com base em um estudo do fenômeno, com o propósito de reduzir as experiências individuais com um fenômeno a uma descrição da essência universal, buscamos compreender como esses sujeitos comunicam as suas “*experienciações*” e compreendem o mundo, não como uma forma de apreendê-lo objetivamente, mas como um ato de descortiná-lo (Creswell, 2014, Garnica, 1997). Ao mesmo tempo, tendo a filosofia como um método que nos auxilia a chegar à compreensão do fenômeno, buscamos a descrição daquilo que se manifesta em si mesmo à consciência. Destarte, buscamos aquilo que se dá, que se torna visível. Fazemos isso fundamentados no encontro entre a consciência e a materialidade, a partir do qual só tem sentido falar de uma visão de mundo com base nos fenômenos apresentados à consciência (Moraes & Galiuzzi, 2016). Isto é, a fenomenologia nos ajuda a compreender que, ao analisarmos as representações mentais, estamos diante de processos cognitivos e em busca de uma resposta válida. Nessa percepção, entendemos as ideias subjetivas como um ato revelador (Bicudo, 2010).

Como resultante do processo de compreensão do *corpus* de análise (os três questionários aplicados, às duas entrevistas e alguns diálogos anotados em diário de campo), as interpretações expostas deram origem a seis temas fenomenológicos. Os três primeiros temas aqui discutidos referem-se à coleta de dados inicial da pesquisa, enquanto os três últimos são referentes às demais coletas, que ocorreram após o contato da pesquisadora com alunos e do desenvolvimento das atividades propostas.

Acrescentamos que analisamos as representações mentais acerca das teorias atômicas a partir de um enfoque na HFC e com base nas ideias do teórico Johnson-Laird. O teórico menciona que “[...] as pessoas têm o poder e/ou habilidades de extrair representações para que pareçam experimentar os eventos ao invés de meramente ler ou ouvir sobre eles” (Johnson-

Laird, p. 353, 1981a). Isto é, para o autor, “[...] as pessoas em vez de pensar de maneira funcional, elas constroem modelos mentais de estados de coisas descritos nas premissas, confiando em seu conhecimento geral e em seu conhecimento do contexto” (Johnson-Laird, p. 63, 1981b). Considerando as questões expostas, dialogamos com as teorias deste autor visando interpretar os resultados obtidos neste estudo.

3. Resultados e Discussão

3.1 Descrevendo as representações mentais de alunos iniciais do ensino básico sobre as teorias atômicas

Os tópicos apresentaram temas que emergiram de abordagens e interpretações fenomenológicas alcançadas pelos pesquisadores. Essas interpretações se deram com base em desenhos, falas e imagens que os alunos evidenciaram, conforme a temática em estudo. Este primeiro subtópico é referente ao primeiro questionário e a primeira entrevista aplicada aos alunos. Em todos os subtópicos apresentamos três temas, organizados a partir de leituras que os alunos nos proporcionaram sobre os seus respectivos modelos mentais.

Neste manuscrito usamos as siglas como “E”, “P” e “Q”. A sigla “E” indica o estudante, a sigla “P” é remanescente às anotações do pesquisador realizadas em diário de campo e a sigla “Q” refere-se à questão feita aos alunos por meio de questionário ou entrevista. Ressaltamos que a grande maioria das questões continham imagens e/ou figuras nos questionários para auxiliar na interpretação dos alunos, no entanto elas não serão mostradas nesse manuscrito, aqui apresentaremos somente as ‘perguntas’, devido muitas dessas imagens usadas nos questionários fazerem parte de livros escolares de fácil acesso e logo pode ser visto como uso indevido de imagem ou plágio de figuras. Além disso, é dito que os participantes não são enumerados ou identificados devido não ser o objetivo deste trabalho ter um quadro comparativo de aprendizagens (antes e depois da pesquisa), mas colaborar e conhecer as representações mentais de alunos sobre o tema em estudo. Como dissemos, analisamos as respostas aos questionários e as entrevistas. As entrevistas foram transcritas na íntegra, considerando as falas originais dos alunos. As respostas aos questionários foram mantidas na fonte original e salvas como imagens (fonte de arquivos dos autores). Após esse esclarecimento, dialogamos com os temas resultantes deste estudo.

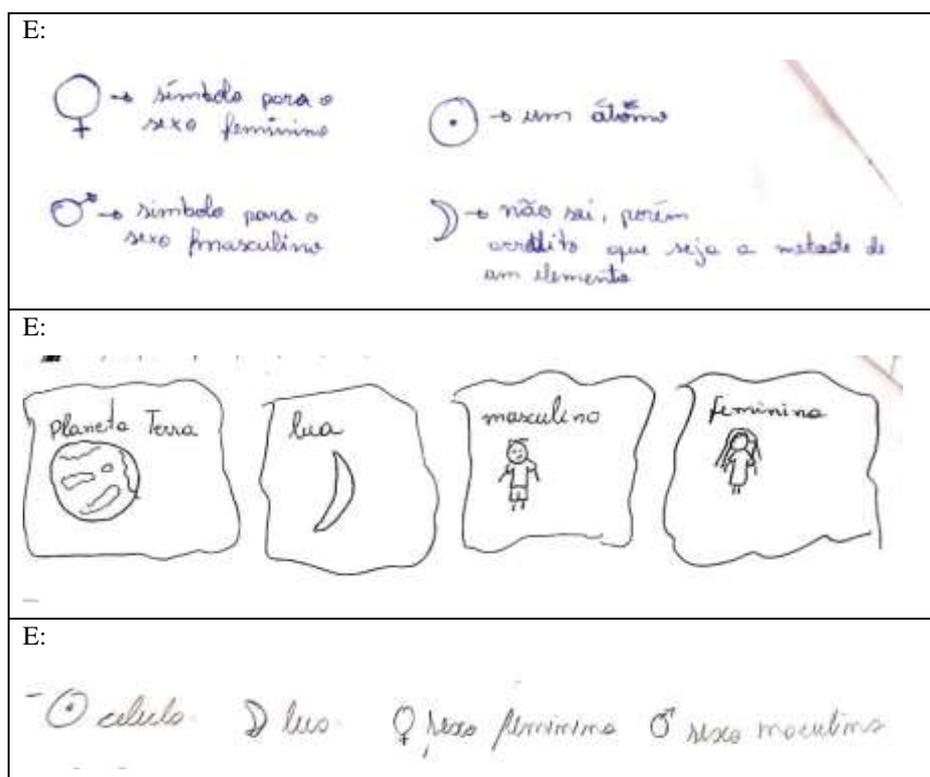
Tema 1: Associando ao conhecido

A associação do tema com os resultados ocorreu após a análise das interpretações que os estudantes alcançaram das simbologias ou modelos utilizados no estudo da química. Nesse estudo, foi solicitado que os estudantes representassem, segundo as suas leituras, acerca do que viam. Estes dados são referentes ao primeiro questionário, no qual havia algumas imagens de simbologia utilizadas nos tempos de alquimia. Essas imagens foram escolhidas por serem facilmente encontradas nos livros didáticos utilizados pelos alunos. Logo, a pergunta referente a este tema é:

Q: “As imagens abaixo representam algumas das simbologias utilizadas por filósofos nos seus estudos voltados a alquimia (Química antiga). Faça uma interpretação sobre as imagens. (Pode ser associado conforme uma lembrança e/ou semelhanças com o que é conhecido no cotidiano. Podem ser utilizados desenhos e/ou esquemas)”.

Para esta questão, a seguir temos a Figura 1 com respostas dos alunos:

Figura 1 - Questionário com respostas dos alunos – Tema 1.



Fonte: Arquivos dos autores.

As imagens referem-se às simbologias dos primeiros elementos químicos descobertos pela humanidade. Como podemos ver, dos dezesseis alunos, apenas três tentaram registrar ou buscaram em suas memórias do que se tratavam os desenhos. Todavia, esses alunos não os retrataram como possíveis simbologias químicas. Em vez disso, os associaram a modelos conhecidos por suas mentes, como, por exemplo, a ‘lua’ e a ‘banana’. Os demais alunos optaram por não registrar a sua resposta. Quando perguntado “Por que representaram seus desenhos daquela forma?”, obtivemos as seguintes respostas:

E: “Eu até pensei que era algo de Química, porque a senhora é de Química, mas como pedia pra interpretar da forma que nós havíamos entendido, eu coloquei com que achei parecido.”

E: “Eu olhei pra aqueles (sic) desenhos e pensei que não sabia nada daquilo, coloquei a primeira coisa que veio na cabeça.”

E: “Sabia que tava errado, mas parecia muito com planeta terra e o símbolo de feminino e masculino, então coloquei.”

O curioso em suas respostas é que em nenhum momento foi julgado que os seus dados estavam corretos ou errados. Todavia, os alunos tinham a convicção de que a resposta não era daquela forma. No entanto, mesmo assim eles responderam sendo fiéis aos modelos que havia em suas mentes, e a respeito da interpretação que fizeram das imagens elucidada que na concepção atual de Ciência, os conhecimentos não se configuram como verdades absolutas e inquestionáveis (Frazão *et al*, 2021).

Tema 2: Parece um pouco do universo

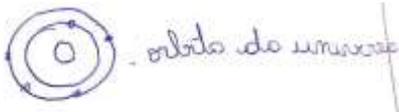
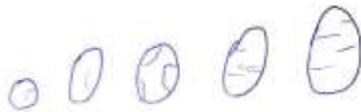
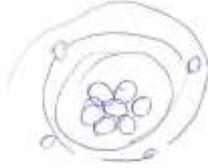
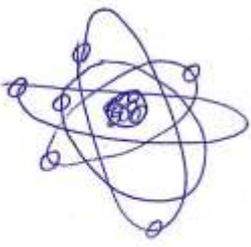
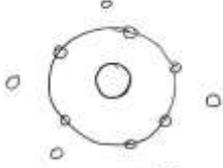
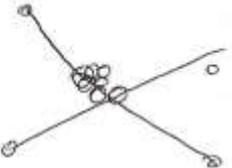
Os resultados são referentes às interpretações que os alunos fizeram de imagens de átomos retiradas dos livros

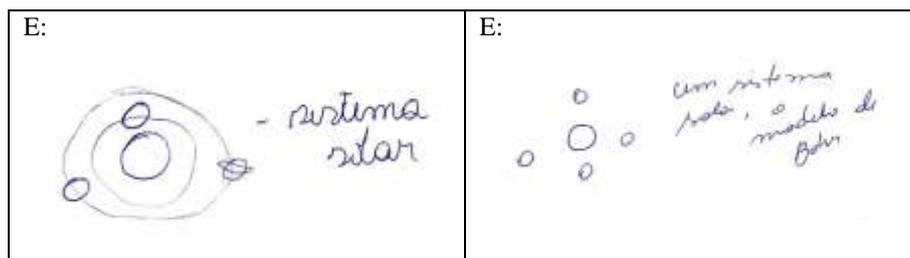
didáticos comumente utilizados nas escolas. Quando nos referimos ao estudo da teoria atômica, temos imagens que representam modelos propostos por cientistas como Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr. Com base nas imagens selecionadas, os estudantes realizaram identificações e descrições, informando a qual teoria cada uma pertencia. Com base nisso, fizemos a seguinte questão:

Q: “No estudo das teorias atômicas foram desenvolvidos modelos que pudessem representar o átomo e sua estrutura. Observe as imagens abaixo e busque representá-las, segundo a sua interpretação, por meio de desenhos, explicando porque você representou de determinada forma e indicando as estruturas presentes em cada modelo atômico. Você também pode citar como o modelo é conhecido (bola de bilhar, pudim de passas, planetário etc.). Lembre-se, as imagens servem apenas como base”.

Na Figura 2, temos as interpretações dos alunos:

Figura 2 – Questionário com respostas dos alunos – Tema 2.

E:  - planeta orbita do universo - planetário	E:  sistema solar em órbita
E:  um sistema solar	E:  bunaco negro englobando um flm
E:  sistema orbital de planetas	E:  planetário Sistema Solar
E:  Constelação	E:  referente aos planetas em órbita



Fonte: Arquivos dos autores.

Dos dezesseis estudantes, dez interpretaram os desenhos de átomos referenciando o sistema solar. Esses estudantes alegaram que os seus desenhos resultaram de suas interpretações e devido aos seguintes motivos:

E: “não pareciam átomos, pareciam planetas. Me lembrou muito os planetas no universo.”

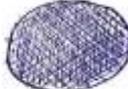
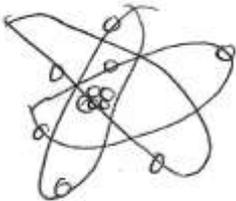
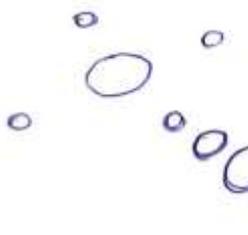
E: “eu achei muito parecido com sistema solar, mas não com átomos, mas eu sabia que eram átomos, mas não quais”.

De modo geral, todos que responderam a essa questão não visualizaram átomos nos desenhos. Os alunos visualizaram o sistema solar ou planetas, seguindo assim, mais uma vez, fiéis aos modelos que apresentavam em suas memórias.

Tema 3: É átomo, porque tem seus conectivos

Nesta questão ainda nos referimos à interpretação das imagens envolvidas na questão anterior. As respostas aqui apresentadas correspondem aos outros seis alunos, que também estavam participando da pesquisa. Esses alunos associaram, em algum momento, pelo menos uma das imagens aos modelos atômicos. Com base em suas respostas, entendemos que os alunos apresentaram relações que ligam as imagens às suas memórias. Algumas dessas memórias eram, inclusive, relacionadas a átomos. Foi necessário estabelecer esse tema para a consolidação do diálogo. As representações obtidas podem ser visualizadas na Figura 3:

Figura 3 – Questionário com respostas dos alunos – Tema 3.

E:  pudim de passas	E:  bola de bilhar
E:  átomos	E:  parece um átomo
E:  A bola de bilhar representa-se dessa forma. Pois é muito conhecida, acredita-se que seja o modelo Atômico de Dalton.	E:  Uma fórmula matemática, modelo atômico de Thomson, ele deve ser baseado por meio matemática como representa o modelo atômico.
E:  Um sistema planetário, o sistema solar o modelo de Rutherford, deve ser apresentado como cada átomo ficou surgindo.	

Fonte: Arquivos dos autores.

Posteriormente, foi solicitado que os alunos esclarecessem um pouco sobre os seus desenhos. Com base em suas explicações, obtivemos as seguintes respostas:

E: “quando vi aquele ângulo e eixo, pensei que era o modelo do Bohr, porque eu lembro que o professor disse que de todos os modelos ele ficou com a parte mais fácil, que foi só criar a fórmula matemática, então aquele só podia ser modelo dele.”

E: “eu lembro que o professor do ano passado ensinou que aquela bola, era do átomo do modelo de bilhar”.

E: “não sabia muito bem qual era qual, mas sabia que tinha o modelo pudim de passas, bola de bilhar e planetário”.

E: “parece átomos porque é assim que a gente vê que eles são nos livros”.

Observando as respostas, é possível analisar que as representações dos alunos se referem aos registros que eles apresentavam em suas memórias, mais especificamente relacionados às suas aprendizagens em sala de aula. Entendemos também que o uso de conectivos, como, por exemplo, bola de bilhar, pudim de passas, entre outros, facilitaram o entendimento de que os desenhos em questão se tratava de átomos e não de representações do universo ou do sistema solar, tal como emergiu

nas respostas dos outros alunos no tema anterior.

3.2 Descrevendo uma nova perspectiva nas representações mentais sobre as teorias atômicas

Este subtópico refere-se ao segundo e terceiro questionários aplicados. Aqui relatamos parte dos resultados obtidos após as leituras, as discussões e a interação da pesquisadora com os participantes no decorrer da pesquisa. As teorias atômicas foram trabalhadas como histórias narradas do que aconteceu no período em que cada uma delas foi elaborada, levando em consideração o contexto histórico, social, político e econômico em que cada cientista viveu, que influenciou para chegarem a tal teoria. Nessa relação, consideramos também o contexto atual. Com isso, solicitamos que os alunos, novamente, interpretassem algumas imagens de átomos e relatassem um pouco das histórias que foram trabalhadas em nossos encontros. A partir disso, obtivemos três novos temas, contemplados a seguir.

Tema 4: Reconhecendo os modelos atômicos

O quarto tema foi proposto após análise dos questionários, e foi pensado devido observamos que conforme os alunos iriam estudando a história da teoria atômica, eles passaram não só a reconhecer os modelos atômicos, como compreender as suas teorias científicas. Para essa análise, fizemos a seguinte pergunta:

Q: “Observe as imagens abaixo. Discorra sobre as principais diferenças entre os modelos atômicos propostos inicialmente pelos gregos e posteriormente analisados por Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr. Como cada cientista ou filósofo contribuiu para a teoria do outro? (Busque fazer desenhos e/ou esquemas indicando as estruturas do átomo)”.

Para esta pergunta, cerca de onze alunos registraram suas respostas, e na figura 4 apresentamos os seguintes resultados:

Figura 4 – Questionário com respostas dos alunos – Tema 4.

E:

5. Dalton fez o modelo do átomo de bola de bilha, depois que o átomo era indivisível. Thomson diz que o átomo era indivisível, mas já sendo feito por partículas unidas, como um pudim de leite azedo. E o modelo de Rutherford diz que o átomo tem um núcleo, comparado ao sistema planetário.

3. Um pouco a ideia anterior de Dalton, estudando a natureza novas propriedades e experimentos.

MATERIA ATÔMICA → ALFA → P → T → P+ T- Atômico

E:

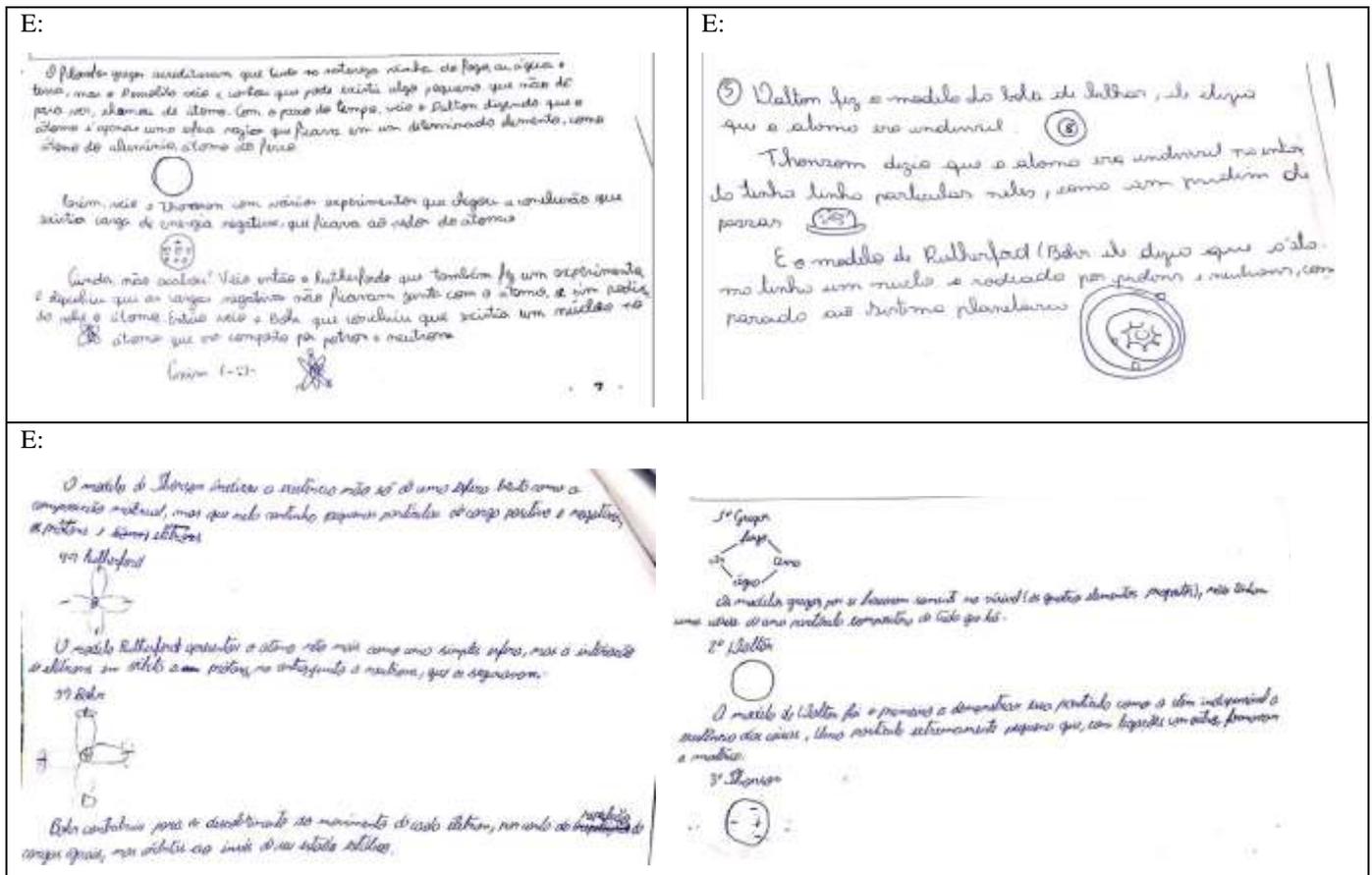
1 - o átomo era uma bola de bilha, feita de um material sólido.
 2 - o átomo era uma bola de bilha, feita de um material sólido, mas com partículas unidas por um material.
 3 - o átomo era uma bola de bilha, feita de um material sólido, mas com partículas unidas por um material.
 4 - o átomo era uma bola de bilha, feita de um material sólido, mas com partículas unidas por um material.
 5 - Quando a quinta teoria apareceu os elétrons foram vistos como partículas.
 6 - Não mudou muito, pois os elétrons estavam dentro do movimento.
 7 - Modelo quântico que se tornou menor que o átomo.

E:

Primeiro usamos os filósofos da natureza que analisavam a natureza e buscavam pontos vagos. Cada um sucessivamente por sua contribuição com o próximo.

Bohr: bola de bilha
 Thomson: partículas
 Rutherford: partículas

3º experimento de Thompson
 2º experimento de Thompson - raios catódicos.
 Filósofos da natureza.



Fonte: Arquivos dos autores.

Para essas representações, foi anotado a seguinte análise:

P: “Observo que as representações dos modelos atômicos após essas discussões tiveram mais ligações de imagem e teoria, onde cada um buscou interpretar os modelos aos cientistas”.

Como pode ser observado, a maioria dos estudantes buscaram responder à questão por meio de interpretações resultantes daquilo que foi trabalhado com eles nos encontros, ou seja, em forma de história. No entanto, podemos observar que alguns alunos ainda interpretaram de acordo com o primeiro modelo guardado em suas memórias. Conforme conceito exposto Johnson-Laird sobre o modelo mental, este resultado era esperado. Onde temos “as pessoas em vez de pensar de maneira funcional, elas constroem modelos mentais de estados de coisas descritos nas premissas, confiando em seu conhecimento geral e em seu conhecimento do contexto” (Johnson-Laird, p. 63, 1981b).

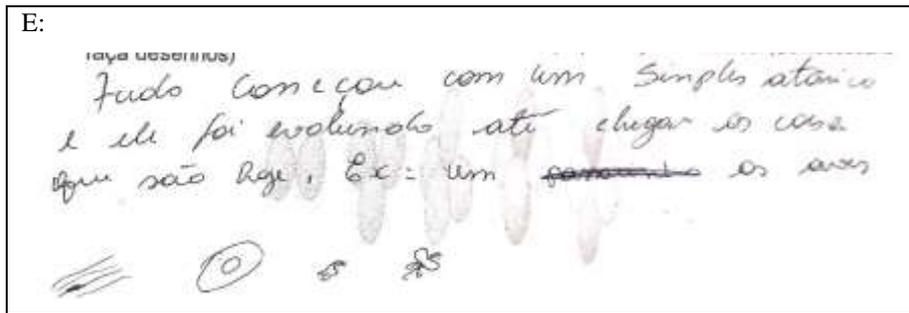
Tema 5: A evolução

Esse tema foi selecionado devido muitos alunos representarem seus desenhos sobre os modelos atômicos como uma teoria que evoluiu durante no decorrer dos anos, logo o resultado desse tema refere-se à seguinte pergunta do terceiro questionário:

Q: “Considerando as imagens abaixo, discorra sobre o modelo atômico proposto pela mecânica quântica e fale o quanto ele evoluiu desde os modelos propostos pelos filósofos (Se necessário, faça desenhos).”

Com base nessa questão, obtivemos de 5 alunos as seguintes representações que podem ser visualizadas na Figura 5:

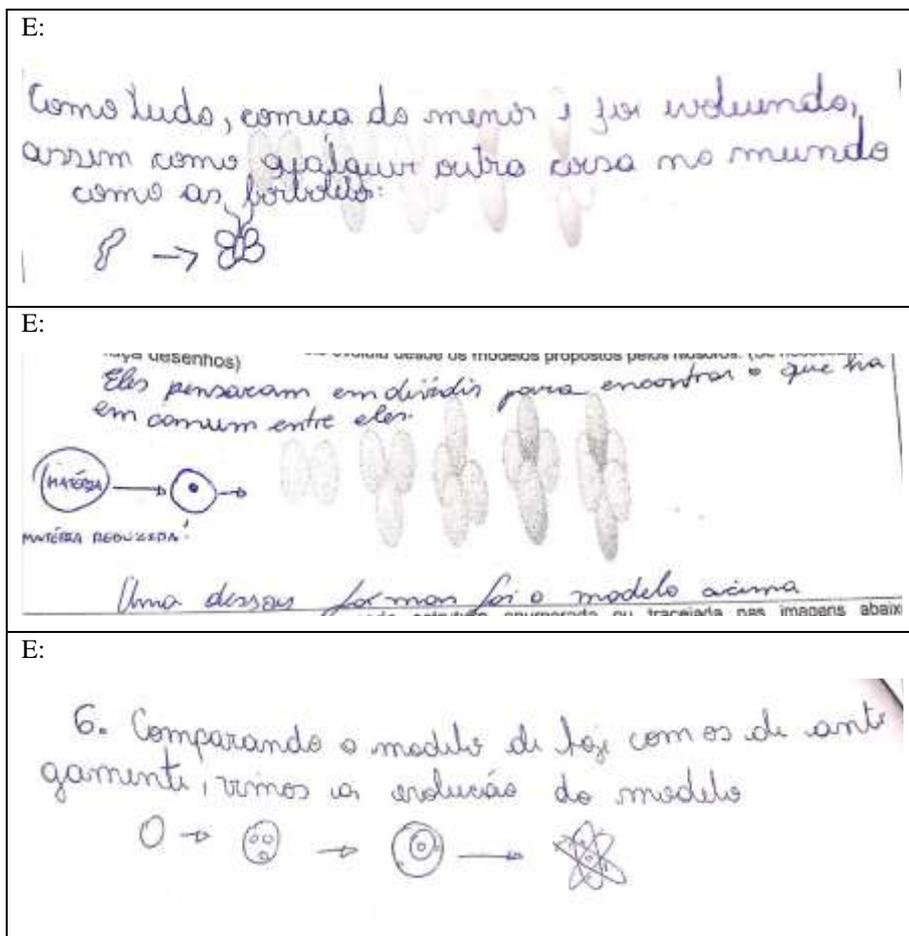
Figura 5 - Questionário com respostas dos alunos – Tema 5.

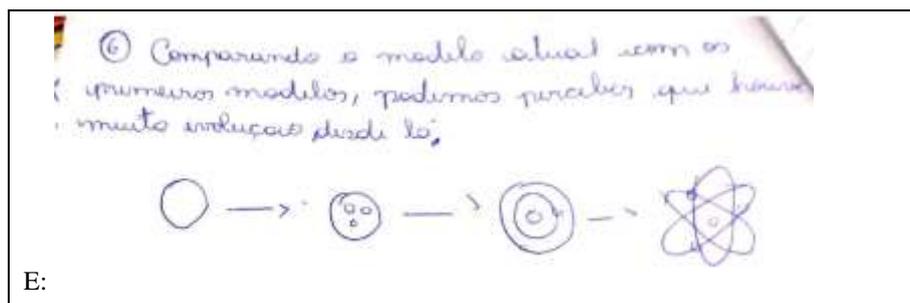


Fonte: Arquivos dos autores.

A maioria dos alunos que responderam a essa questão, utilizou em suas respostas o gerúndio ou a própria palavra “evolução” e buscou representar seus desenhos da mesma forma para coincidir com suas ideias de que as teorias atômicas, especial a teoria quântica seria o “ápice” da evolução. Como podemos continuar visualizando na Figura 6:

Figura 6 – Questionário com as respostas dos alunos – Tema 5.





Fonte: Arquivos dos autores.

Este modo de interpretação dos alunos sobre o modelo quântico, chegou a seguinte anotação da autora:

P: "Interpretando estes desenhos, vejo que todos apresentaram o modelo quântico como se fosse um processo de evolução dos modelos propostos aos átomos"

Após a primeira anotação, sentimos a necessidade de analisarmos a questão, e observamos que os alunos apresentaram bastante dificuldades em explicar o modelo quântico. Essa observação é feita considerando os seguintes fatos apontados por eles:

E: "ele é difícil demais"

E: "muito chato de entender"

E: "de todos, esse modelo foi o que menos gostei"

E: "achei bem interessante sobre a teoria dos buracos negros, mas o modelo em si é complicado de entender."

Vale destacar que este modelo era algo novo para eles, pois não havia sido trabalhado em anos anteriores. Logo, em suas respostas foram identificadas referências à ideia de que os "modelos atômicos evoluem conforme os estudos sobre eles vão avançando". Isso foi um fator determinante para compreensão de suas respostas e construção desse tema.

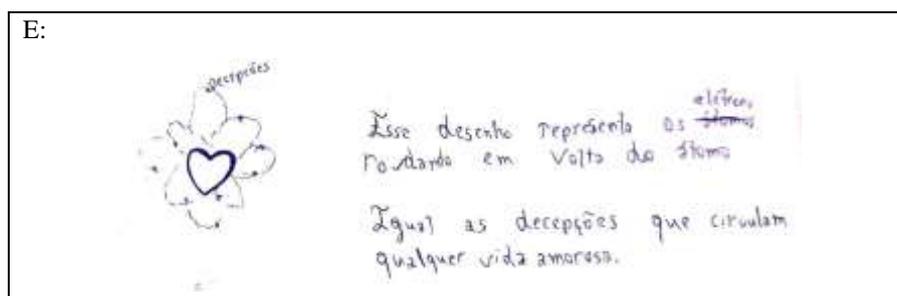
Tema 6: Uma imagem, diferentes visões

Este tema é referente ao terceiro questionário, cuja proposta era que os alunos interpretassem a seguinte pergunta:

Q: "Observe a imagem a seguir. Com base nos estudos realizados em aula e na sua visão de mundo, faça uma interpretação sobre esta imagem, associando os seus conhecimentos "de mundo" e "científico". Aproveite e diga o quanto este estudo mudou (se mudou) a sua concepção sobre a existência dos átomos. Sinta-se à vontade para fazer desenhos semelhantes à ilustração abaixo, para que fique claro o seu entendimento a respeito".

Desta pergunta foi possível obter um rico acervo de interpretações e, junto delas, algumas contêm observações pontuais referentes à visão da pesquisadora, como pode ser visto na Figura 7:

Figura 7 – Questionário com respostas dos alunos – Tema 6.



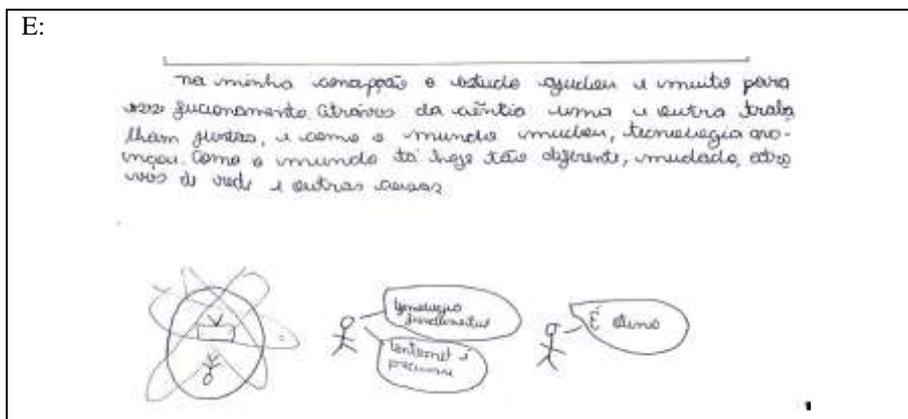
Fonte: Arquivos dos autores.

Essa representação nos chamou atenção, e nos levou a seguinte observação:

P: “Esta aluna representa um átomo como se fosse um coração, onde os elétrons ao redor, são representados pelas decepções que pessoas estão propensas a ter.”

Após essa breve análise, continuamos analisando as representações dos alunos conforme mostra a Figura 8:

Figura 8 - Questionário com respostas dos alunos – Tema 6



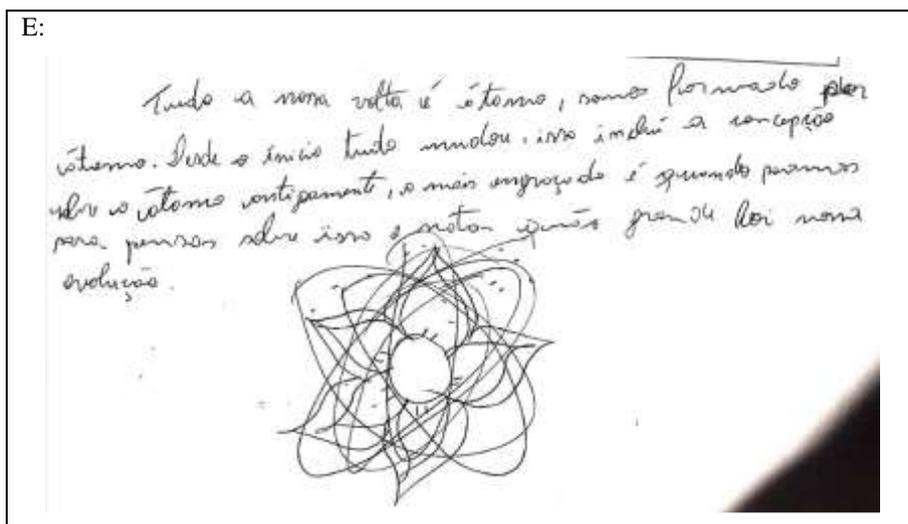
Fonte: Arquivos dos autores.

A Figura 8, nos levou a seguinte anotação:

P: “Vejo neste desenho a mesma ideia da imagem da questão realizada aos alunos, porém representaram o desenho de forma invertida”.

A posteriori, temos a Figura 9 com a resposta de outro aluno:

Figura 9 – Questionário com resposta dos alunos – Tema 6.



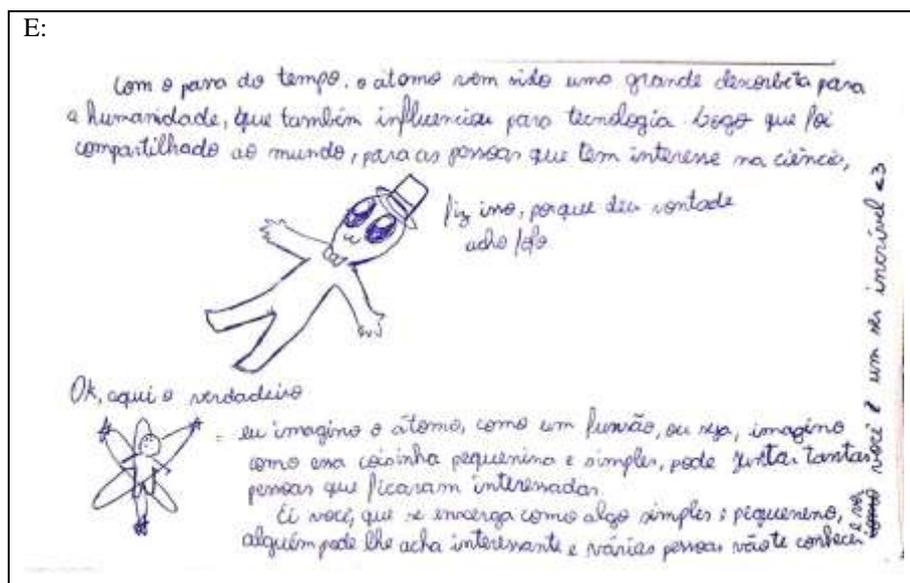
Fonte: Arquivos dos autores.

Ao observar esse desenho feito pelo aluno, fiz a seguinte questão:

P: “Seria a natureza composta por átomos? Para mim esta imagem me traz essa ideia”.

Após essa reflexão, temos a Figura 10:

Figura 10 - Questionário com respostas dos alunos – Tema 6.



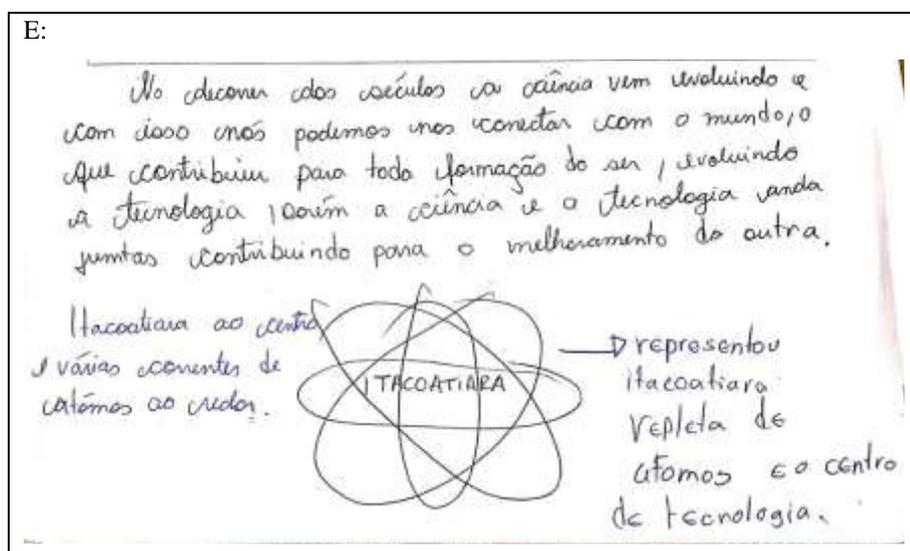
Fonte: Arquivos dos autores.

A Figura 10 trouxe aos autores as seguintes recordações:

P: “Gosto da ideia de que nós somos feitos de átomos, logo ao ver o desenho associei a este pensamento: somos todos feitos de átomos”.

Continuando, na Figura 11 temos:

Figura 11 – Questionário com respostas dos alunos – Tema 6.



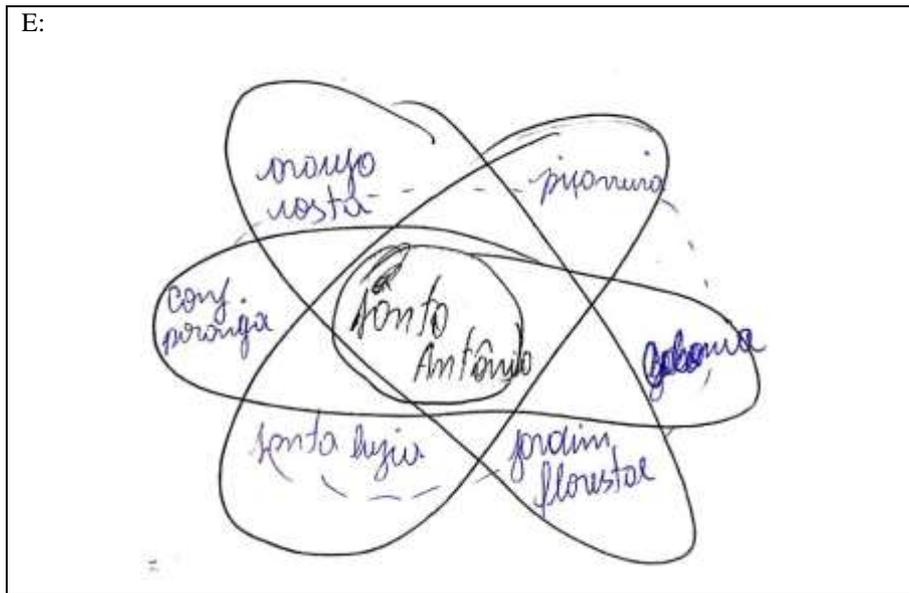
Fonte: Arquivos dos autores.

A Figura 11, trouxe a seguinte reflexão:

P: “Muito relevante o desenho mostrar que a cidade onde vivemos é representada como um átomo, já que temos muitas fontes naturais, como a madeira e rios, como fonte de desenvolvimento econômico”.

Seguindo, temos a Figura 12:

Figura 12 – Questionário com respostas dos alunos – Tema 6.



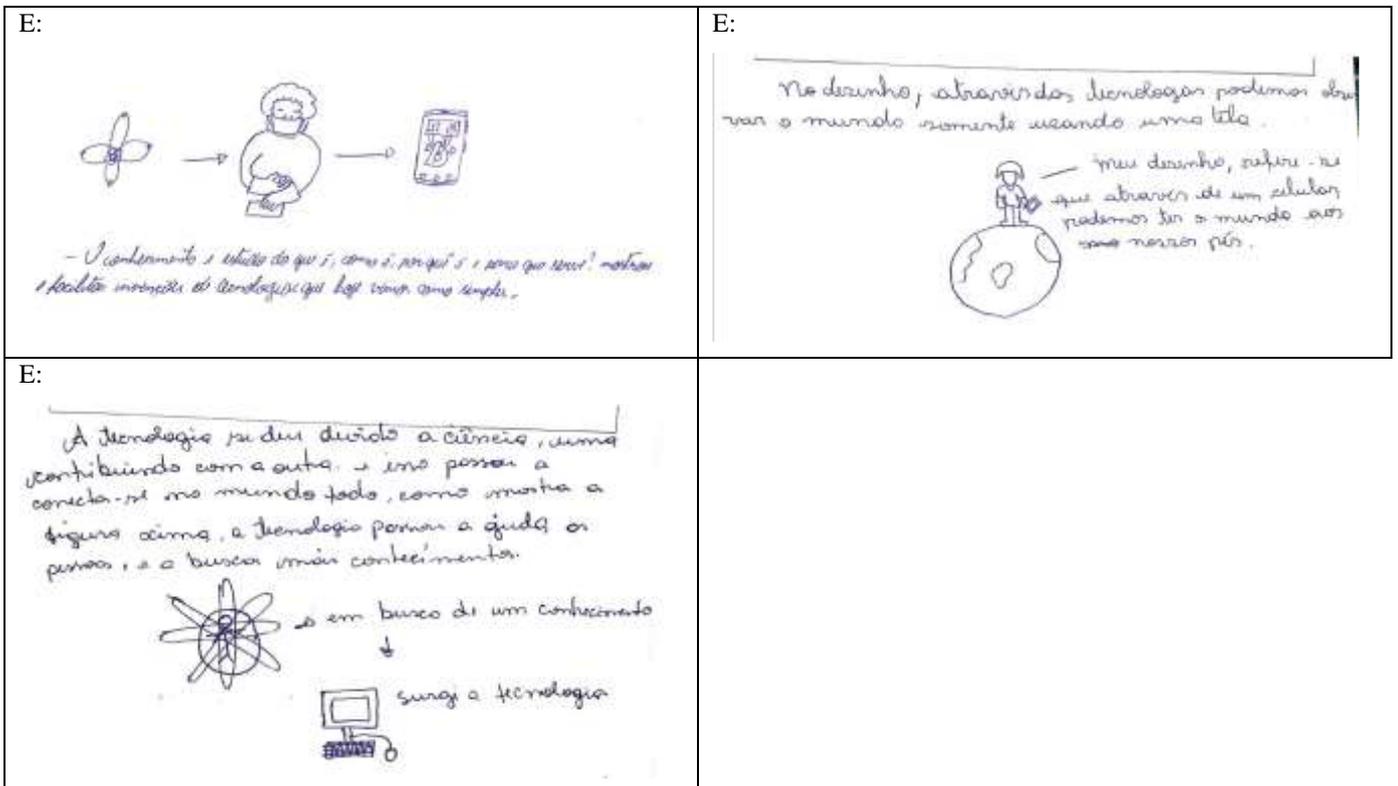
Fonte: Arquivos dos autores.

A Figura 12, levou a seguinte observação:

P: “Aqui nesta imagem o aluno representou o átomo como a cidade onde vivemos, e os elétrons são os bairros da cidade”.

A posteriori, teremos a Figura 13:

Figura 13 – Questionário com respostas dos alunos – Tema 6.



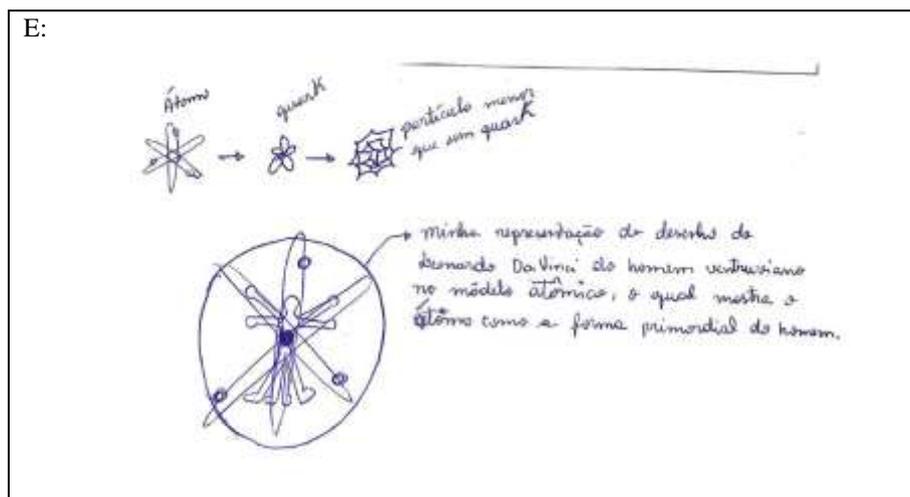
Fonte: Arquivos dos autores.

As representações da Figura 13, condizem as interpretações de três alunos e, seus desenhos levaram a interpretações bem similares aos autores:

P: “Este desenho me associa a ideia de que as teorias sobre os átomos compõem o conhecimento, talvez para formar assim os materiais fornecidos pela tecnologia, como baterias de celular e notebook”.

Finalizando o acervo de imagens, temos a Figura 14:

Figura 14 – Questionário com respostas dos alunos – Tema 6.



Fonte: Arquivos dos autores.

Nas diferentes interpretações que os alunos tiveram a respeito da imagem contida na questão, entendemos que muitos conseguiram compreender a história e a teoria dos modelos atômicos, por mais que ainda mantivessem concepções anteriores em suas respostas. Podemos considerar que, sem dúvidas, as representações mentais dos alunos nesta etapa do estudo não eram mais exatamente as mesmas e que a HFC facilitou a compreensão das inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade (Ilha & Adaime, 2020). Podemos observar na figura 14, algumas menções como “o átomo é a forma primordial do homem”, uma concepção como essa mostra que os alunos assimilaram o conceito de que o universo é constituído por átomos, identificando relações com visões históricas, a problematização, a argumentação, o trabalho em hipóteses, a comunicação em Química e, por fim, a aprendizagem de conceitos e temas científicos (Guimarães & Castro, 2019). Assim, consideramos que ensinar ciências envolve muito mais que dominar conhecimentos sobre a matéria a ser ensinada (Frazão *et al.*, 2021). As teorias estudadas trouxeram um outro olhar aos discentes para a realidade, ou seja, proporcionaram-lhes uma outra visão da ciência.

3.3 Dialogando com a análise fenomenológica acerca do novo: o que há de novo nesse contexto?

A coleta de dados, realizada a partir das atividades realizadas com os alunos, teve diferentes estágios. Dessa maneira, os resultados foram obtidos a partir do acompanhamento e observações realizadas ao longo de meses, ocorrendo assim por meio dos seguintes estágios:

- I. O processo de recordação;
- II. O processo de resignificação;
- III. O processo de representação.

Iniciando pelo processo de recordação, por serem alunos do 2º ano do Ensino Médio Técnico Integrado em Informática, o tema de estudo não era novo para eles, mas também não era algo que tinham visto recentemente. Johnson-Laird (1981b) comenta que, “[...] a recordação é, em grande parte, uma reconstrução ativa, baseada no que resta desse modelo”. Nesse sentido, podemos dizer que muitas das concepções iniciais expostas pelos alunos eram vazias ou incompletas, como já

era esperado. Chegamos a essa conclusão por considerarmos que “[...] não adianta buscar modelos mentais claros, nítidos, elegantes, pois os modelos que as pessoas de fato têm, são estruturas confusas, malfeitas, incompletas, difusas” (Norman, p. 14, 1983). Logo, o processo de recordação foi algo que, para eles, não era esperado, por acharem que nunca mais veriam ou estudaram este tema novamente. Então, observamos que nas entrevistas eles precisavam de um pouco mais de tempo para pensar nas respostas e nos questionários. Em outras palavras, eles precisavam de um tempo a mais para reconhecer e interpretar os modelos observados.

Quanto ao processo de ressignificação, este é representado segundo a visão de Johnson-Laird, que, em sua concepção, aponta que há uma rápida tradução inicial de um enunciado em sua forma linguística superficial, seguida de um processo opcional, no qual essa representação é usada na construção de um modelo mental. O processo de construção de modelos vai além do conteúdo literal do enunciado, pois se baseia em inferências pautadas em conhecimentos gerais e específicos (Johnson-Laird, 1981a). Diante disso, podemos chamar esse processo de ressignificação, pois muito do que foi trabalhado naquele momento foi visto pelos alunos como algo novo.

Nas discussões, poucos sabiam, de fato, a respeito de aspectos relativos à história da ciência e sobre como foi o processo de formulação das teorias. A incipiência de apresentação da gênese e desenvolvimento do conhecimento científico é algo que é corroborado por Raicik e Peduzzi (2016) e que pudemos observar também em nosso estudo. Tanto é que, muitas vezes, no primeiro momento, alguns alunos indagavam “*não entender o porquê de se estudar todos os modelos, em vez de estudar um único que era mais recente e aceitável*”. Todavia, no decorrer dos encontros, os discentes começaram a ver que, apesar de estudarem química como uma área exata, inclusive que muitos temem por “não saber calcular”, esse campo disciplinar também faz parte da história da ciência. Nesse sentido, suas teorias, conceitos, equações e simbologias foram trabalhadas durante anos, em diferentes períodos e por distintos grupos de pessoas. A partir dessa compreensão, os alunos começaram a ver a importância e o significado daquilo que estavam aprendendo.

No decorrer da pesquisa, o processo de interpretação foi deixando de ser visto como um trabalho de escola. Assim, para eles, inicialmente havia um certo e um errado. Com o tempo, essa concepção se tornou algo que era “*o que eu entendi e o que isto tem significado para mim, para minha realidade*”. Apesar de ao final do estudo alguns questionários ainda se apresentarem vazios e outros aparentarem a presença de “conteúdos decorados”, compreendemos que, com as atividades realizadas, houve uma busca por parte dos alunos pelo entendimento das questões suscitadas. Isso pode ser observado em momentos em que os estudantes utilizaram frases como “eu entendi” ou “eu acho”. Logo, podemos mencionar que o “novo”, na realidade destes alunos, não foi trazer modelos claros ou perfeitos, mas o fato deles compreenderem a química como uma parte da história. Nessa forma de interpretação, considera-se que a história, assim como eles fizeram em suas respostas aos questionários, apresenta diferentes visões. Cabe ressaltar que algumas pessoas estão cientes desse princípio e as evidências sugerem que elas buscam, de um modo mais ou menos aleatório, modelos de premissas que são inconsistentes com as conclusões putativas que traçaram. É importante enfatizar ainda que a busca parece não ser nem sistemática nem exaustiva, porque a ausência de algumas características é a melhor evidência que temos de que o pensamento dedutivo não é guiado pela lógica mental (Johnson-Laird, 1981b).

Quanto à premissa de Johnson-Laird supracitada, não podemos deixar de mencionar o que emergiu como algo novo para a pesquisadora após a realização deste trabalho. Em linhas gerais, podemos dizer que foi observado pela pesquisadora algo um pouco diferente do que era esperado. Diferente no sentido de que o trabalho, em si, passou de um ponto de vista pessoal para algo real. Podemos pensar a esse respeito a partir de alguns sentidos analisados por Johnson-Laird:

- I. Todos partimos de uma crença sobre o tema estudado;
- II. Todos partimos de uma crença que o trabalho precisa ter resultado satisfatório.

Nesse sentido, acreditamos que ter uma crença sobre o tema e realizar análises partindo de uma ideia predefinida, foi

o processo mais difícil neste estudo, principalmente para obter resultados mais “puros”. Ao iniciarmos este estudo pelos encontros realizados em meio às coletas de dados, não julgar os dados como “certo e errado” e não intervir nas representações dos alunos foi algo muito desafiador, mas que, ao final, permitiu aprendizagens. Isso ocorreu principalmente na análise dos dados, ou seja, no momento de interpretar as respostas e criar os temas que poderiam representá-las de uma forma compreensível a todos. Essas preocupações nos levam à crença de que todo trabalho precisa ter um resultado satisfatório. Era isso que inicialmente nos preocupava, principalmente no que toca à pesquisa em Ensino de Ciências. No entanto, ao longo do processo, passamos a entender que esse desejo de inovação e de resultados satisfatórios passou a ser visto como “*O que meu trabalho proporcionou de novo a esses alunos?*”. Nesse sentido, podemos dizer que alteramos a nossa concepção de um trabalho que visava apenas a aprovação na área para um contexto que se preocupa com a ressignificação das aprendizagens para aqueles que participaram do estudo, o que pode ser contemplado e ressignificado por aqueles que lerão este manuscrito.

Vale destacar que, apesar de todas as questões apontadas por meio do relato dos encontros e ao realizarmos as análises, nem tudo o que foi observado nas respostas dos alunos permanecerá nitidamente em suas memórias. Todavia, a abordagem exposta trouxe um novo significado sobre o estudo das teorias atômicas, desvencilhando-se daquele comumente apresentado em modelos expostos por livros didáticos ou que os discentes ouvem a respeito em aulas de Química e, conseqüentemente, copiam. Nesse viés, consideramos que os alunos saíram com uma nova visão, compreendendo, assim, que estavam participando não apenas da construção do seu próprio conhecimento, mas também da construção do conhecimento de seus colegas e de sua professora, que ali também ocupava a posição de pesquisadora, no âmbito da realização de uma pesquisa de mestrado acadêmico. Dessa forma, os dois estágios de pesquisa apontados acima podem ser considerados como um processo que, para Johnson-Laird (1981b), é descrito da seguinte maneira: abandonar critérios, é permitir que as teorias possam ser vagas, confusas e, como doutrinas místicas, apenas adequadamente entendidas por seus proponentes.

Por fim, cabe pontuar que as análises aqui realizadas ocorreram após a leitura do trabalho de Thomas Kuhn (1962), que se refere à imagem da ciência, proposta por muitos historiadores, como um conjunto de ideias que pouco se relacionam a um processo histórico, fazendo assim menção a ideia de métodos científicos sem relacioná-los com história da química, da biologia, da física etc. A noção de mudança conceitual de Kuhn é um retrato das mudanças na cultura da ciência, e vai de encontro à ideia de possíveis mudanças realizadas por cientistas de forma individual. Inspirados na contribuição do autor para a comunidade científica e escolar, acreditamos que, apesar das várias discussões sobre metodologias para o Ensino de Ciências, não há uma única metodologia que seja viável para todos os tipos de aprendizagem. Isso porque, ao estudarmos e analisarmos os modelos mentais, compreendemos que a cognição humana ainda é complexa. Sobre a questão, Johnson-Laird (1981b) compreende a cognição como algo análogo aos computadores que processam informações e comandos. Considerando essa analogia, com as devidas ressalvas, compreendemos que a mente humana pode fazer algo similar, apresentando diferentes visões e compreendendo diferentes “comandos” para que possamos viver em sociedade. Este trabalho foi idealizado justamente em uma busca por estimular diferentes formas de ver o mundo, a partir de formas de ensino contextualizadas, permeadas pela HFC.

4. Considerações Finais

Neste estudo analisamos compreensões de alunos do Ensino Médio Técnico Integrado em Informática acerca dos modelos atômicos, cotejando um diálogo com aspectos concernentes à História e Filosofia da Ciência. Para tal, buscamos compreender as suas representações mentais e apoiamo-nos numa abordagem fenomenológica. Pautados nos temas identificados com base na análise das entrevistas, questionários e demais registros, podemos observar que as primeiras representações dos alunos seguem um padrão que se remete a concepções de História e Filosofia da Ciência bem comum ao que encontramos nos livros didáticos. Esses padrões são apresentados por meio de linguagem escrita, oral ou imagética, cujas

representações apontam para uma compreensão/representação unívoca de ciência e cientista, a qual considera a produção do conhecimento científico como algo realizado por um único sujeito, desconsiderando assim outros atores. Todavia, observamos que, apesar de manterem algumas de suas representações mentais ao longo de toda a pesquisa, após o trabalho empírico realizado pela pesquisadora, os alunos construíram outras percepções acerca da história e teoria dos modelos atômicos. Assim, podemos dizer que os alunos tiveram processos de assimilação pertinentes do ponto de vista do Ensino de Ciências. Mais do que isso, podemos dizer que houve processos de resignificação, capazes de dar sentido ao conceito de átomo em diálogo com as concepções/visões de mundo dos discentes envolvidos.

Com base nas observações expostas, apontamos para a necessidade do desenvolvimento de outros trabalhos, teóricos, empíricos e/ou analíticos, que possam contribuir com um conjunto de estudos que pensam na abordagem da História e Filosofia da Ciência, no âmbito do ensino, como uma forma mais contextualizada e significativa de compreensão dos conteúdos científicos. Isto é, contextos que possam elucidar a representação de alunos não só sobre a teoria atômica, como também dos demais temas da Química. Acreditamos ainda que este estudo contribui para a pesquisa em Ensino de Ciências justamente por trazer reflexões que se tornaram cada vez mais expoentes para a área nos últimos anos.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Amparo a Pesquisa do Amazonas (FAPEAM) pelo fomento desta pesquisa; ao Instituto Federal do Amazonas – Campus Itacoatiara (IFAM/CITA) pelo apoio e ao espaço cedido para o desenvolvimento deste estudo; e à Universidade Federal do Amazonas (UFAM/ICE/DQ).

Referências

- Borges, A. (1998) Modelos Mentais e eletromagnetismo. *Cad. Cat. Ens. Fís.*, 15(1), 7- 31.
- Bicudo, M. (Org.) (2010) *Filosofia da Educação Matemática: Fenomenologia, concepções, possibilidades didático-pedagógicas*. São Paulo: Editora Unesp.
- Cazelli, S., Queiroz, G., Alves, F., Falcão, D., Valente, M. E., Gouvêa, G., & Colinvaux, D. (1999) Tendências pedagógicas das exposições de um museu de ciência. *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2, 1-12.
- Cirigliano, G. (1969) *Fenomenologia da Educação*. Editora Vozes.
- Creswell, J. (2014). *Investigação Qualitativa e projeto de pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens*. (3a ed.), Penso.
- Ferreira, L. (2013) *Atomismo: um resgate histórico para o ensino de Química*. [Dissertação Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina].
- Frazão, L., Gusmão, M., & Antunes, E. (2021). Atividades experimentais investigativas e a habilidade de elaborar hipóteses na formação inicial de professores. *Research, Society and Development*, 10(4), 1-16. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14285>
- Freire, P. (1967) *Educação como prática de liberdade*.: Editora Paz e Terra LTDA.
- Garnica, A. (1997) Some notes on qualitative research and phenomenology. *Interface-Comunicação, Saúde, Educação*, 1(1).
- Guimarães, L., & de Castro, D. (2019). A História e Filosofia da Ciência como subsídio para uma estratégia didática sobre radioatividade. *Research, Society and Development*, 8(1), 1-10. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i1.674>
- Ilha, G., & Adaime, M. (2020). História e Filosofia da ciência no ensino de química: o que está em circulação? *Research, Society and Development*, 9(1), 1-24. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i1.1568>
- Johnson-Laird. P. (1981a). Comprehension as the Construction of Mental Models. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 295(1077), 353-374.
- Johnson-Laird. P (1981b). Cognition, computers, and mental models. *Cognition*, 10(1-3), 139-143.
- Krasilchik, M. (2004). *Prática de ensino de biologia*. Edusp.
- Kuhn T. (1962). *A estrutura das revoluções científicas*. (5a ed.), Editora Perspectiva.
- Menezes, M., & Santiago, M. (2014) Contribuição do pensamento de Paulo Freire para o paradigma curricular crítico-emancipatório. *Pro-Posições*, 25(3), 45-62.
- Moraes, R., & Galiazzi, M. (2016) *Análise Textual Discursiva*. (3a ed.), Editora Unijuí.

Norman, A. (1983). *Some observations on mental models*. In Gentner, D., & Stevens, A. (Eds.). *Mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 6-14.

Penitente, L., & Castro, R. (2010) A História e Filosofia da Ciência: Contribuições para o ensino de Ciências e para a formação de professores. *Revista Eletrônica Pesquieduca*, 2(4), 231-244.

Pimenta, S., & Lima, M. (2012) *Estágio e Docência*. (7a ed.), Cortez.

Raicik, A., & Peduzzi, L. (2016) A estrutura conceitual e epistemológica de uma descoberta científica: reflexões para o ensino de ciências. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 9(2), 149-176.