

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a) o texto completo desta Dissertação será disponibilizado somente a partir de 15/09/2025.

FERNANDA APARECIDA BERNARDO

O CONTEÚDO DE MODELOS ATÔMICOS E A CONCEPÇÃO DE MUNDO:

Contribuições filosóficas para o ensino de química
histórico-crítico



BAURU – S.P.
2023

FERNANDA APARECIDA BERNARDO

CONTEÚDO DE MODELOS ATÔMICOS E A CONCEPÇÃO DE MUNDO:

**Contribuições filosóficas para o ensino de química
histórico-crítico**

Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista - UNESP, campus de Bauru, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência como requisito para obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência.

Orientadora: Luciana Massi

Bolsa: CAPES

BAURU – S.P.
2023

B523c Bernardo, Fernanda Aparecida

O conteúdo de modelos atômicos e a concepção de mundo :
contribuições filosóficas para o ensino de química
histórico-crítico / Fernanda Aparecida Bernardo. -- Bauru, 2023
102 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Faculdade de Ciências, Bauru
Orientadora: Luciana Massi

1. Educação em química. 2. Filosofia da química. 3. História
da química. 4. Modelos atômicos. 5. Pedagogia
Histórico-Crítica. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências, Bauru. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

FERNANDA APARECIDA BERNARDO

CONTEÚDO DE MODELOS ATÔMICOS E A CONCEPÇÃO DE MUNDO: Contribuições filosóficas para o ensino de química histórico-crítico

Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista - UNESP, campus de Bauru, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência como requisito para obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência.

Orientadora: Luciana Massi

Bolsa: CAPES

Data da defesa: 15 de setembro de 2023

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:

Presidente e Orientadora: Professora Doutora Luciana Massi

Departamento de Educação, Faculdade de Ciências e Letras, UNESP, Araraquara.

Membro Titular: Professor Doutor Ronei Clécio Mocellin

Departamento de Filosofia, UFPR, Curitiba.

Membro Titular: Professor Doutor Lucas André Teixeira

Departamento de Educação, Faculdade de Ciências e Letras, UNESP, Araraquara.

Local: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Letras, campus Araraquara (banca remota)

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE FERNANDA APARECIDA BERNARDO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 15 dias do mês de setembro do ano de 2023, às 14:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de FERNANDA APARECIDA BERNARDO, intitulada **Conteúdo de modelos atômicos e a concepção de mundo: contribuições filosóficas para o Ensino de Química histórico-crítico**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Profa. Assoc. LUCIANA MASSI (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciências e Letras - Unesp Araraquara, Prof. Dr. RONEI CLÉCIO MOCELLIN (Participação Virtual) do(a) Departamento de Filosofia / Universidade Federal do Paraná, Prof. Dr. LUCAS ANDRÉ TEIXEIRA (Participação Virtual) do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciências e Letras - Unesp Araraquara. Após a exposição pela mestranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: **aprovada** . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Profa. Assoc. LUCIANA MASSI

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, ao apoio das agências de fomento (à FAPESP, ao CNPq e, especialmente, à CAPES, que subsidiou esta pesquisa) que desde a graduação tem possibilitado o desenvolvimento da minha formação em ensino e em pesquisa, por meio das bolsas que me possibilitaram custear: o transporte para a UNESP, a alimentação, a moradia, a participação de eventos e de projetos de extensão, os estágios, a saúde, o atendimento psicológico e odontológico, e não menos importante, mas tão necessário quanto, alguns momentos de lazer e socialização.

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência por ter aceito e confiado na proposta que se sucedeu nesta dissertação, além dos diversos apoios administrativos (no atendimento rápido das demandas burocráticas - Dã e Julia são responsáveis por isso) e institucionais (fornecimento das disciplinas e espaços de socialização para as pesquisas, como a Reunião Técnica).

À minha orientadora, Luciana, por ser essencial na minha formação enquanto pesquisadora e professora, um exemplo de profissional no que diz respeito ao comprometimento na pesquisa e nas disciplinas, à apropriação das formas e conteúdos dos objetos de estudo, à ética, à seriedade com a educação e à dose de rebeldia necessária para formar professores e pesquisadores que questionam o que está posto em busca de transformação.

Aos professores membros da banca examinadora, Lucas e Ronei, por terem aceito avaliar esta pesquisa e ter dado contribuições relevantes no exame de qualificação, das quais possibilitaram que ampliasse as discussões relacionadas à filosofia, à história e ao ensino para a finalização deste trabalho.

Ao grupo de pesquisa que tive a honra de compartilhar com pessoas tão responsáveis, comprometidas, ativas e “gente boa” - daquelas que o coração é enorme, disposto a ajudar qualquer pessoa que necessite, seja do seu conhecimento ou do seu ombro. Compõem este grupo e agradeço individualmente a cada um por seu apoio: Andriel Colturato, Bruno Lima, Carlos Moris, Carlos Sérgio, Gabriela Agostini, Giovana Valero, Larissa Lima, Lucas Bombarda, Lucas Nakamura, Rafaela Valero e Thiago Lima.

Aos meus familiares pelo incentivo e apoio aos meus estudos, seja pessoal, emocional e/ou financeiro, sem eles, provavelmente não teria conseguido fazer tudo o que fiz. Rogério, meu irmão mais velho, responsável pelo incentivo intransigente aos estudos, sem a sua insistência não teria nem sequer feito faculdade. Paulo, meu irmão do meio, responsável por me ensinar que as trajetórias e as opiniões podem ser distintas, mas o caráter se mantém. João, meu pai, responsável por não ter medido esforços para dar condições materiais para minha existência e do seu jeito peculiar, demonstrar afeto por meio das ações. Em especial, agradeço a minha mãe,

Rosa, que disponibilizou tempo de sua vida com seu trabalho invisibilizado - o trabalho doméstico -, para que eu pudesse estudar, além de todo amor, carinho, conselhos e acolhimento quando mais precisei. Sem dúvidas, sem o ombro de minha mãe, esse caminho teria sido muito mais difícil.

Ao psicólogo Ricardo por ter sido um guia quando achei que não era capaz de fazer o mestrado e ter mostrado diferentes perspectivas para minhas angústias. Foi fundamental para me trazer clareza quando tudo era turvo. Me deu alento pessoal e profissional em meio ao caos pandêmico e do desgoverno facista e genocida que atravessou essa pesquisa, praticamente, do começo ao fim.

Por último e não menos importante, aos meus amigos que caminharam comigo esta trajetória, em distintos momentos da minha formação: Beatriz, Bruno, Francine, Giovana, Isabela, Karen, Larissa, Leandro, Lucas, Maria Julia, Patrícia, Rafaela e Thiago. Vocês foram essenciais para me fazer acreditar nas escolhas que fiz, me dar segurança e confiança no meu trabalho; me deram o tempo precioso de suas vidas pra me divertir, me fazer sorrir e me sentir forte quando as dificuldades apertavam e eu não tinha mais forças pra caminhar; me deram palavras, conselhos e abraços que foram um alento, um sopro de vida.

Em especial, agradeço ao Lucas e à Beatriz, meus amigos confidenciais: o Lucas, por ser minha dupla desde a graduação e também no mestrado, nos fortalecendo quando pensamos em desistir; por sua bondade infinita, não medir esforços para ajudar quem quer que seja e estar quase sempre disponível pra fazer companhia; por ser minha carona favorita, o parceiro das viagens e rolês mais insanos que já fiz; meu parceiro verde; a Beatriz por ouvir minhas lamúrias, receber meus textos e poemas, compartilhar as brisas nerds, conseguir atravessar a casca que me cerca e possibilitar que eu mostre quem realmente sou, dona das melhores comidas que já apreciei, além de ser apoio nos momentos mais difíceis. Eu amo vocês.

O guardador de rebanhos
Canto XXXIX - O mistério das cousas

O mistério das cousas, onde está ele?
Onde está ele que não aparece
Pelo menos a mostrar-nos que é mistério?
Que sabe o rio disso e que sabe a árvore?
E eu, que não sou mais do que eles, que sei disso?
Sempre que olho para as cousas e penso no que os homens pensam delas
Rio como um regato que soa fresco numa pedra.

Porque o único sentido oculto das cousas
É elas não terem sentido oculto nenhum,
É mais estranho do que todas as estranhezas
E do que os sonhos de todos os poetas
E os pensamentos de todos os filósofos,
Que as cousas sejam realmente o que parecem ser
E não haja nada que compreender.

Sim, eis o que os meus sentidos aprenderam sozinhos: -
As cousas não têm significação: têm existência.
As cousas são o único sentido oculto das cousas.

(Fernando Pessoa, 1989, p. 114-115)

RESUMO

Os modelos atômicos são centrais para a química e o ensino de química (EQ), inserido nas orientações curriculares oficiais, nas discussões do EQ e da filosofia da química (FQ). São relatadas pelas pesquisas uma descrença na existência dos átomos e do vazio pelos estudantes e distorções das bases filosóficas da química ao ser tratada como uma ciência dogmática no EQ. Na tentativa de avançar no aprofundamento filosófico no EQ, e alinhando-se à Pedagogia Histórico-Crítica, teoria pedagógica que busca constituir uma didática histórico-crítica pautada na lógica dialética, esta pesquisa conceitual de natureza bibliográfica tem o objetivo de identificar possíveis aproximações ou distanciamentos entre os aspectos filosóficos dos modelos atômicos e o materialismo dialético a partir da materialidade do átomo, apontando implicações para o EQ histórico-crítico. Para compor a justificativa da pesquisa e localizá-la dentre as temáticas da FQ, foi feito um levantamento bibliográfico, não sistemático, de artigos que tratavam sobre as principais questões debatidas na área. Em seguida, foi constituído o acervo de análise por meio de uma revisão bibliográfica sistemática que resultou em 15 artigos com enfoque nos modelos atômicos ou na teoria atômica, em inglês, português e espanhol, em revistas e compilados de referências bibliográficas da filosofia da química e bancos de dados nacionais e internacionais. Concluímos que é possível identificar o embate entre algumas tendências idealistas ou materialistas a respeito da materialidade dos átomos, sendo elas instrumentalistas, pragmáticas ou realistas. Cada uma delas está relacionada a uma base filosófica distinta, respectivamente: idealismo subjetivo, idealismo objetivo e materialismo. Podemos dizer que conceber a estrutura da matéria como atomizada e que esses átomos existem materialmente implica filosoficamente: a realidade existir independente do ser humano; a possibilidade de transformação; a conexão mútua e interdependente entre os objetos da realidade; existir uma contradição entre aparência e essência na realidade. É necessário que o estudante desenvolva uma intuição histórica que desmistifique a imutabilidade do mundo e da sociedade, vislumbrando possibilidades de transformação da realidade, ou seja, se aproprie da ideia de necessidade humana ao evidenciar o que tava posto quando o conceito surgiu e os debates da época. A diversidade qualitativa dos átomos, a transmutação dos elementos químicos junto com a teoria da evolução, por exemplo, se opõem à metafísica, à imutabilidade da matéria e da natureza, e demonstram a indissolubilidade entre matéria e movimento. O modelo particulado de matéria deu maior domínio à humanidade dos processos naturais e químicos a ponto de possibilitar a transformação material, seja superando a barreira da síntese de compostos orgânicos por vias inorgânicas ou pela transmutação dos elementos químicos pela radioatividade. A compreensão atômica da matéria nos possibilita conceber o mundo de maneira materialista, histórica e dialética, permitindo a transformação da realidade pelo próprio ser humano. Esses são aspectos importantes para a constituição da dimensão filosófico-científica da concepção de mundo a partir dos modelos atômicos.

Palavras – chave: Pedagogia Histórico-Crítica; Modelos atômicos; Materialidade.

ABSTRACT

Atomic models are central to chemistry and chemistry teaching (CT), embedded in official curriculum guidelines, discussions of CT and philosophy of chemistry (PC). It is reported by the surveys a disbelief in the existence of atoms and the void by students and distortions of the philosophical bases of chemistry when treated as a dogmatic science in the CT. In an attempt to advance in the philosophical deepening of CT, and aligning itself with Historical-Critical Pedagogy, a pedagogical theory that seeks to constitute a historical-critical didactics based on dialectical logic, this conceptual research of a bibliographic nature aims to identify possible approximations or distances between the philosophical aspects of atomic models and dialectical materialism from the materiality of the atom, pointing out implications for the historical-critical CT. In order to compose the justification for the research and locate it among the themes of the PC, a non-systematic bibliographical survey of articles that dealt with the main issues debated in the area was carried out. Then, the collection of analysis was constituted through a systematic bibliographical review that resulted in 15 articles focusing on atomic models or atomic theory, in English, Portuguese and Spanish, in magazines and compilations of bibliographical references of the philosophy of chemistry and national and international databases. We conclude that it is possible to identify the clash between some idealist or materialist trends regarding the materiality of atoms, whether instrumentalist, pragmatic or realistic. Each of them is related to a different philosophical base, respectively: subjective idealism, objective idealism and materialism. We can say that conceiving the structure of matter as atomized and that these atoms materially exist implies philosophically: reality exists independently of the human being; the possibility of transformation; the mutual and interdependent connection between the objects of reality; there is a contradiction between appearance and essence in reality. It is necessary for the student to develop a historical intuition that demystifies the immutability of the world and society, envisioning possibilities for transforming reality, that is, to appropriate the idea of human need by highlighting what was in place when the concept emerged and the debates of the era. The qualitative diversity of atoms, the transmutation of chemical elements together with the theory of evolution, for example, opposes metaphysics, the immutability of matter and nature, and demonstrates the indissolubility between matter and movement. The particulate model of matter gave humanity greater control over natural and chemical processes to the point of enabling the transformation of material, whether overcoming the barrier of organic properties through inorganic means or through the transmutation of chemical elements through radioactivity. The atomic understanding of matter allows us to conceive the world in a materialistic, historical and dialectical way, allowing the transformation of reality by human beings themselves. Important aspects for the constitution of the philosophical-scientific dimension of the conception of the world based on atomic models.

Keywords: Historical-Critical Pedagogy; Atomic models; Materiality.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. UMA ABORDAGEM MATERIALISTA E DIALÉTICA DO PROBLEMA.....	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO: A MATERIALIDADE PARA O MATERIALISMO HISTÓRICO-DIALÉTICO.....	18
4. DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DOS MODELOS ATÔMICOS.....	24
4.1. As especulações filosóficas sobre a matéria na Antiguidade e a divisão social do trabalho.....	24
4.2. A transição para o capitalismo e a retomada das teorias atômicas.....	26
4.3. A ascensão do capitalismo e a consolidação da química moderna no século XIX: o embate entre a continuidade e descontinuidade da matéria em destaque.....	31
4.4. As descobertas de partículas subatômicas e a decadência burguesa: comprovação ou falsidade da teoria atômica?.....	35
5. PRINCIPAIS DISCUSSÕES DA FILOSOFIA DA QUÍMICA.....	40
5.1. A relação entre filosofia e química.....	40
5.2. A consolidação da filosofia da química enquanto área de pesquisa.....	42
5.3. As questões mais debatidas pela área atualmente.....	44
5.4. Os átomos e a filosofia da química.....	47
5.4.1. Descrição dos trabalhos históricos e filosóficos sobre modelos atômicos	50
6. ASPECTOS FILOSÓFICOS DA MATERIALIDADE DOS ÁTOMOS.....	55
6.1. Análise materialista histórico-dialética da materialidade dos átomos na filosofia da química.....	55
6.2. Contribuições do materialismo dialético sobre a materialidade dos átomos.	67
7. IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA HISTÓRICO-CRÍTICO DE MODELOS ATÔMICOS.....	73
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88

1. INTRODUÇÃO

O modelo atômico é central para a química e o ensino de química, inserido nas orientações curriculares oficiais, como os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (EM) (2002) e o Currículo do Estado de São Paulo (2011). Ambos os currículos tratavam os modelos atômicos como parte dos tópicos de constituição da matéria nos primeiros bimestres do 1º ano (Modelo de Dalton) e 2º ano (Rutherford-Bohr) do componente curricular de química e defendiam que se tornava fundamental mostrar as transformações das ideias sobre a constituição da matéria por meio da história, promovendo o desenvolvimento de algumas competências, como: “reconhecer a necessidade e os limites de modelos explicativos relativos à natureza dos materiais e suas transformações; reconhecer e compreender a Química como resultado de uma construção humana, inserida na história e na sociedade” (Brasil, 2002, p. 93). Também eram citados os modelos atômicos de Rutherford e Bohr no componente curricular de Física do 3º ano do EM.

Tal como evidenciado por Marsiglia *et al* (2017), Cássio (2018) e Catini (2020) há um esvaziamento curricular na atual Base Nacional Comum Curricular (BNCC), aprovada em 2017 e finalizada em 2018 com a versão completa para o EM. Os professores e a comunidade científica não participaram das reformulações feitas na BNCC e os movimentos sociais (o Movimento Nacional em Defesa do Ensino médio e dos secundaristas, por exemplo), inclusive, sofreram com o silenciamento do governo Temer, que aprovou como medida provisória o projeto de lei da reforma do EM (Kuenzer, 2019).

De acordo com Kuenzer (2019), o currículo teve uma flexibilização que reduziu a carga horária da maioria das disciplinas em detrimento do aumento da carga horária de língua portuguesa e matemática: Cássio (2018) e Catini (2020) apontam que o problema da BNCC está justamente no esvaziamento curricular. Os conteúdos são excluídos para serem substituídos, por exemplo, no currículo paulista, por habilidades socioemocionais, que adestram os trabalhadores para a amabilidade, a resiliência emocional e a autogestão (Catini, 2020). A pedagogia das competências, que fundamenta a BNCC, de modo que as habilidades e competências são norteadoras da formação dos estudantes, ausentando os conteúdos artísticos, filosóficos e científicos (Marsiglia *et al*, 2017).

A BNCC impõe a lógica empresarial e privatista do mercado às escolas públicas, representantes do capital, como discutido por Lavoura (2021). Cassio

(2018) e Catini (2020) também apontam os interesses empresariais na defesa da reforma do ensino médio e implementação da BNCC, pois possibilita as parcerias público-privadas para as avaliações de larga escala, os materiais didáticos e cursos de formação de professores. Algumas instituições tiveram papel preponderante nessa defesa: o Instituto Ayrton Senna, Itaú Social, Fundação Dpaschoal são algumas das entidades que compõem a organização não governamental “Todos Pela Educação”, criada em 2006, comandadas por empresários, têm apresentado influências diretas nas decisões das políticas educacionais do país, com o objetivo de privatizar a educação ao aproximar as empresas das escolas, de modo que a educação se torne uma mercadoria (Catini, 2020).

Em comparação com as orientações curriculares anteriores, na BNCC para o EM, os modelos atômicos não são citados, é feita apenas uma única citação à estrutura da matéria como estudo a ser mobilizado para atingir a Competência Específica I da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, da unidade temática “Matéria e Energia”:

analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global (Brasil, 2017, p. 554)

Em consonância com a BNCC, no Currículo Paulista (2020) - formulado para a Reforma do Ensino Médio (aprovada em 2017 e em vigor desde 2022) -, para atingir essa mesma competência específica, os modelos atômicos são citados apenas no 1º ano do EM como objeto de conhecimento da Química e da Física, respectivamente, nos tópicos de constituição da matéria (modelo de Dalton junto com o estudo de elementos, símbolos, massa atômica e número atômico) e de quantização de energia (modelo de Bohr). Ainda no 1º ano do EM, em Química, há um tópico sobre a evolução dos modelos atômicos para atingir a Competência Específica II da área de Ciência da Natureza e suas Tecnologias, da unidade temática “Vida, Terra e Cosmos”:

Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis (Brasil, 2020, p. 157)

É necessário esclarecer que as orientações curriculares oficiais podem ser tomadas como referência para dar indícios da importância dos modelos atômicos

para a Química e o ensino de química, o que não significa concordar com essas orientações que são pautadas em ideais neoliberais e, portanto, incoerentes com os fundamentos teórico-metodológicos da Pedagogia Histórico-Crítica (Marsiglia *et al*, 2017). No entanto, ainda que tenham sofrido uma redução curricular significativa, há uma relevância do modelo atômico para a Química e o ensino de química por ter sido selecionado por essas propostas curriculares oficiais, que não defendem a importância dos conteúdos na escola pública, como discutimos anteriormente.

De acordo com Mortimer (1988), os livros didáticos permaneceram até a década de 1930 com uma abordagem clássica da teoria atômica. A maior parte dos livros discutem sobre a divisibilidade dos átomos para a Química e a transmutação dos elementos, proporcionada pela física (Mortimer, 1988). As substâncias simples eram definidas em termos da impossibilidade de decomposição pelos químicos, o que se modificou a partir de 1940, com a definição de substância simples em termos atômicos, que representou uma valorização dos conceitos atomísticos no ensino de química que permanecem até hoje (Mortimer, 1988).

Também foram inseridas as unidades da estrutura atômica, incluindo temas como o átomo nuclear e quantizado de Rutherford-Bohr e as implicações para a teoria eletrônica de valência (Mortimer, 1988). Posteriormente, na década de 50, foi inserido o modelo atômico da mecânica ondulatória, alterando a descrição do elétron em termos probabilísticos (Mortimer, 1988). A maioria dos livros didáticos à época da publicação de Mortimer (1988) se concentravam na determinação dos números quânticos do elétron e nos macetes de distribuição eletrônica em níveis e subníveis de energia. De acordo com Mortimer (1988), as simplificações feitas pelos livros didáticos à estrutura atômica acabam por descaracterizar seu conteúdo.

Santos (2020) mostra que a inserção dos modelos atômicos nos livros didáticos começou a aparecer no período de 1930-1947, em que o autor verifica o estabelecimento da perspectiva atômico-molecular resistindo a todas as organizações de conteúdos nos livros didáticos. Também foi incorporado o modelo atômico atual entre 1965-1980 (Santos, 2020). Os modelos atômicos aparecem tanto no nível molecular como elétrico, evidenciando uma forte inserção da compreensão da matéria que é constituída por elétrons, prótons e nêutrons. Os modelos atômicos é um dos conteúdos que resistiu às reformulações dos livros didáticos, como discutido por Santos (2020), se tornando um indicativo de conteúdo clássico da Química, que apresenta potencial para a liberdade do ser humano com a

possibilidade da apropriação das necessidades históricas, da prática social como critério para seleção desse conteúdo, como pretendemos demonstrar ao longo nesta dissertação.

Além da relevância apresentada nos currículos de Química da educação básica e nos livros didáticos, os modelos atômicos também são objeto de estudo na área de pesquisa em ensino de ciências e de Química (Mortimer, 1995; Melo, 2002; Chaves; Santos; Carneiro, 2014), que apontam como os modelos costumam ser ensinados, as dificuldades dos estudantes em aprender esse conteúdo, as concepções alternativas e a importância para a história da Química.

Melo (2002) escreveu um texto para professores ressaltando o conceito, a importância e os principais cuidados na apresentação dos modelos atômicos e identificando os principais problemas encontrados nos livros didáticos. A autora mostra que há uma inadequação na abordagem do desenvolvimento histórico sobre esse tema, pois não se “esgota um modelo para se chegar a um mais evoluído”, não ficando clara as limitações dos modelos, tanto no momento de decidir com qual modelo trabalhar quanto no momento em que as necessidades exigem a elaboração de um “modelo mais aprimorado” (Melo, 2002, p. 11-13).

O artigo de Chaves, Santos e Carneiro (2014) analisa as concepções de ciências nos conteúdos históricos dos modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford-Bohr em livros didáticos. Os autores complementam o trabalho de Melo (2002), pois a abordagem histórica dos modelos atômicos nos livros didáticos “tendem a produzir uma concepção de ciência desenvolvida por cientistas ilustres que trabalham de forma isolada, cujas teorias científicas são elaboradas linear e cumulativamente ao longo da história” (Chaves; Santos; Carneiro, 2014, p. 278).

Também é trazido por Melo (2002, p. 13) o fato dos alunos não aceitarem o vazio, implicando em uma “não aceitação do modelo particulado da matéria”, pois quando pensam, por exemplo, sobre o corpo humano eles têm dificuldades em aceitar que é feito de átomos, já que “aos seus ‘olhos’, o corpo é contínuo e não particulado”. Essa constatação já havia sido apontada por Mortimer (1995, p. 25): “a ideia de que ‘a natureza abomina o vazio’ é uma característica presente em explicações dos estudantes para diferentes fenômenos”.

Mortimer (1995, p. 26) defende que a superação desses obstáculos, da dificuldade de aceitação do atomismo e da descrença no vazio, não vai ocorrer pelas evidências empíricas, mas em “argumentos racionais e no uso de exemplos da

história das ciências”. Para ele, a história das ciências traz indícios das concepções que esses cientistas tinham em determinada época e que, até hoje, são propagadas inconscientemente pelo senso comum, fazendo um paralelo com as concepções alternativas, pois os modelos que os alunos “propõem se assemelham a modelos históricos que foram superados por um mais simples e racional” (Mortimer, 1995, p. 26).

Ao discutir os modelos, Melo (2002, p. 37) destaca que são a base para toda Química e “o mais importante é o modelo atômico, pois a partir deste, temos os modelos moleculares, os modelos de reações, apoiados em modelos matemáticos, ou seja, temos diversos modelos científicos”. A autora ressalta também que a concepção de modelo do aluno difere da concepção de modelo científico, pois para o aluno o “modelo é uma réplica daquilo que ele conhece” e o modelo científico, no caso dos modelos atômicos, “deve ser capaz de justificar e também de prever o comportamento da matéria”. Para Melo (2002, p. 124), há “dificuldades de se encontrar formas convenientes de se abordar” a estrutura da matéria “sem perder conteúdo e sem tornar o aprendizado difícil e desmotivante”.

Algumas pesquisas apresentadas por Melo (2002, p. 6) e realizadas com alunos do EM levantaram questões sobre os modelos atômicos:

Como as pessoas sabem que o átomo existe se elas não podem vê-lo ou senti-lo? Como o átomo foi descoberto? Sendo os átomos tão pequenos, como foi possível para os físicos descobri-los e estudá-los? [...] Qual a razão para tanta variedade de modelos atômicos? Por quê a noção de átomo foi mudada recentemente?

Nós, professores de Química, estamos preparados para responder a essas questões? É notável que as dúvidas dos estudantes são de natureza tanto científica quanto filosófica, semelhantes às feitas por mim enquanto lecionava minhas primeiras aulas de Química. É evidente que para a grande parte da área de ensino de química, a abordagem dos modelos atômicos tem que ser histórica, com uma defesa maior do campo da história da ciência (Melo, 2002; Mortimer, 1995; Chaves; Santos; Carneiro, 2014). A construção e desenvolvimento histórico de um conteúdo científico são necessárias para promover um ensino crítico com base na História e Filosofia da Ciência (HFC), como abordado por Matthews (2015) e Prado (2016). A HFC, interdisciplinar, é defendida no ensino de ciências, pois a ciência é humanizada e sua neutralidade é desmistificada ao aproximar os interesses da

época, sejam eles, pessoais, culturais, éticos e políticos, desvelando a influência do contexto histórico na ciência e desfazendo uma visão dogmática da ciência.

É necessário que se estude tanto a história quanto a filosofia da própria ciência, neste caso, da filosofia da química, pois nos ajuda a pensar nas redes conceituais atreladas ao objeto de estudo (Messeder Neto; Teixeira; Colturato, 2022). A História da Ciência para a Pedagogia Histórico-Crítica não tem um caráter metodológico, mas possui a função de mostrar que os conteúdos são produzidos de acordo com as necessidades e possibilidades históricas, descobertos a partir das condições de cada época, sendo a história parte inerente da produção, mas não como uma contextualização (Messeder Neto, 2022).

Desde a década de 1990 uma área se dedica a produzir debates e estudos na filosofia da química, construída a partir da preocupação de “químicos, historiadores, filósofos e educadores em química” com a imagem pública da química, dando “início a um processo de interações, troca de ideias e discussões a respeito da natureza e do papel da química no mundo moderno” (Lemes; Porto, 2013, p. 122).

O artigo de Lemes e Porto (2013) revisa as questões mais discutidas na área da filosofia da química e discute a importância para o ensino de química. Os autores discutem sobre a centralidade da química, os modelos, as representações e a linguagem química, a manipulação de entidades teóricas ou de substâncias químicas, a defesa de que o químico deve ser realista ou não, e se a química é redutível à física (Lemes; Porto, 2013). Alguns filósofos apontam os modelos como a especificidade da química, com ênfase na modelagem no pensamento químico, na relação entre o micro e o macro, como representações do sistema real (perspectiva instrumentalista) ou como substitutos do sistema real (perspectiva realista) (Lemes; Porto, 2013). Diante dessas discussões, é apontado pelos autores que “a partir do conhecimento dos objetivos da química” é necessário “direcionar critérios de seleção de conteúdos para ensinar esta ciência” através da reestruturação do ensino de química em todos os níveis (ensino fundamental, médio e superior) em consideração a vários aspectos filosóficos (Lemes; Porto, 2013, p. 135).

É nesse sentido que dialogamos com a Pedagogia Histórico-Crítica (PHC), uma teoria pedagógica em construção, formulada na década de 1980 pelo Prof. Dermeval Saviani em resposta contrária às tendências neoliberais construtivistas na educação e em atendimento aos interesses da classe trabalhadora, visando à superação do capitalismo pelo socialismo. Essa pedagogia, como recém fundada,

quase não tem desenvolvimento na área de Educação em Ciências (EC), e a maior parte do que é desenvolvido não se fundamenta no materialismo histórico-dialético, como apontado por Massi *et al* (2019) ao fazer uma revisão bibliográfica que buscava analisar a incorporação da PHC pelas pesquisas em EC. Os autores relatam que, apesar do enorme esforço exercido pelos pesquisadores dessa área, foram identificados alguns aspectos que os distanciam dos fundamentos da PHC, como: o ecletismo teórico-metodológico (mesclando a PHC com teorias e metodologias que não se fundamentam no materialismo histórico-dialético); o utilitarismo dos cinco momentos propostos por Saviani; a prática social entendida como cotidiano; a ausência da mediação dialética nos cinco momentos; e o esvaziamento de sentido da catarse (Massi *et al*, 2019).

Os cinco momentos propostos por Saviani (2011) são: prática social, problematização, instrumentalização, catarse e prática social, de modo que o processo de ensino e aprendizagem parte da prática social caótica compartilhada entre alunos e professores para se transformar, por meio da problematização, instrumentalização e catarse, em uma prática social concreta pelos estudantes, compreendida em suas múltiplas determinações. Esses momentos, como o próprio autor menciona, não são estáticos e pontuais no trabalho docente, mas trabalhados de forma conjunta, coordenada, em movimento de ida e vinda de acordo com a concretude da escola, dos estudantes, dos professores, do contexto político e social, etc.

Os dados analisados por Massi *et al* (2019) fortalecem as discussões de Galvão, Lavoura e Martins (2019) sobre a didatização da PHC com enfoque nos procedimentos de ensino, que se limita aos cinco momentos pedagógicos como sequenciais e fragmentados, se distanciando da lógica dialética, como fez Gasparin (2012), a primeira referência da didática histórico-crítica. Frente a sistematizações realizadas na área dessa pedagogia, Galvão, Lavoura e Martins (2019, p. 146) defendem que há

a necessidade de organização e desenvolvimento de um ensino pautado na lógica dialética – e somente assim –, sendo capaz de proporcionar aos alunos uma reflexão pedagógica ampliada da prática social, verdadeiramente comprometida com seus interesses e necessidades históricas.

A partir do materialismo histórico-dialético, Saviani (2011, p. 6) define o trabalho educativo como “o ato de produzir, direta e intencionalmente, em cada

indivíduo singular, a humanidade que é produzida histórica e coletivamente pelo conjunto dos homens”. O modelo atômico é parte dessa humanidade, do desenvolvimento do gênero humano, e necessita ser socializado intencionalmente na escola pública. Como parte desse desenvolvimento, o modelo atômico produziu e foi influenciado por concepções de mundo de diferentes momentos históricos e distintas relações sociais. De acordo com Rosa (2018, p. 22), “a concepção de mundo é o conhecimento produzido a partir do trabalho”, que se relaciona a natureza, tanto na “sua forma mais pura” quanto na “modificada pelo homem”, e “ao mundo produzido pelo homem a partir da natureza”.

Um dos aspectos importantes da concepção de mundo é sua simultaneidade individual e coletiva, de modo que as singularidades da vida de cada indivíduo é também constituída coletivamente em conteúdo e forma: o coletivo garante a amplitude da concepção de mundo, se limitando à universalidade do gênero humano; o individual é variável de acordo com as possibilidades para se desenvolver a individualidade (Duarte, 2015). Rosa (2018, p. 69) destaca que “cada indivíduo humano pertence a um tipo histórico e social, o que costuma envolver nação, etnia, gênero e, fundamentalmente, classe social”, o que nos revela o caráter individual e coletivo da concepção de mundo que “reflete os aspectos singulares e universais” por elementos particulares que medeiam o indivíduo à coletividade, sendo o trabalho pedagógico um desses elementos. Como discute Duarte (2015, p.15), a concepção de mundo de um determinado indivíduo, mesmo inovadora e revolucionária “sempre será expressão de sua inserção no curso da história humana, com suas contradições, seus conflitos, seus dramas e seus limites”.

A concepção de mundo se apresenta no âmbito social e no âmbito dos indivíduos singulares, de modo que no primeiro a concepção de mundo é heterogênea, com tipos distintos de concepções, como as teorias científicas, as religiões etc, e no segundo a concepção de mundo depende da atividade que o indivíduo se desempenha no mundo e como se apropria dos conhecimentos produzidos histórica e socialmente - que se relacionam com os alcances abstrativos do pensamento (Rosa, 2018). O que define uma concepção de mundo, segundo Duarte (2015, p. 13), “é seu grau de elaboração e sistematização, que pode variar desde o nível mais elementar que é o do senso comum, até o da consciência filosófica”.

Diferente da teoria da evolução, estudada por Rosa (2018), o modelo atômico se situa em um período histórico mais longo, desde a Grécia Antiga até os modelos quânticos do século XX, e perpassa por rupturas e mudanças na concepção de mundo, produzidas pelo desenvolvimento do método científico, como veremos no capítulo histórico deste texto.

As discussões apresentadas por Melo (2002), Mortimer (2000) e Chaves, Santos e Carneiro (2014) sobre a abordagem histórica linear de cientistas ilustres, a inexistência do vazio e a descrença no átomo desembocam na filosofia da química com os questionamentos colocados por Lemes e Porto (2013) sobre a natureza da química, a ênfase da modelagem na química e a necessidade da criação de critérios de seleção de conteúdo com base em aspectos filosóficos. Essas discussões se cruzam com a construção coletiva da PHC, que tem poucos trabalhos no ensino de ciências, principalmente os que adotam o materialismo histórico-dialético, além da necessidade de desenvolver a didática das áreas específicas pela lógica dialética. Para preencher essas lacunas, é necessário um estudo das bases materialistas dialéticas dos modelos atômicos e do seu papel na formação da concepção de mundo - as dimensões filosófico-científica e pedagógica. Como apontado por Galvão, Lavoura e Martins (2019, p. 146-147)

Se a prática pedagógica exige, por parte dos professores, pleno domínio do objeto do conhecimento, para que o ato de ensinar histórico-crítico se concretize verdadeiramente, entendemos ser fundamental que isso ocorra por meio de um eixo e de uma dinâmica pautados na lógica dialética. O eixo e a dinâmica do ato de ensinar possibilitam que os professores questionem e reflitam sobre a importância daquilo que ensinam aos alunos, deixando em destaque a função social de sua prática de ensino no âmbito da formação dos indivíduos.

Diante do exposto, esta pesquisa pretende propor diretrizes para o ensino de química aos professores que se fundamentam na PHC e responder qual o papel dos modelos atômicos para a construção da concepção de mundo materialista, histórica e dialética. Assim, o **objetivo geral** deste trabalho é identificar possíveis aproximações ou distanciamentos entre os aspectos filosóficos dos modelos atômicos e o materialismo dialético a partir da materialidade do átomo, apontando implicações para o ensino de química histórico-crítico. Este objetivo geral se desdobra nos seguintes objetivos **específicos**:

- Caracterizar os principais elementos sobre o desenvolvimento dos modelos atômicos e as discussões da filosofia da química que se aproximam da filosofia materialista dialética.;
- Explicitar as implicações dessas aproximações ou distanciamentos do materialismo dialético com os pressupostos filosóficos dos modelos atômicos visando à contribuição com o ensino histórico-crítico e à formação da concepção de mundo materialista, histórica e dialética.

Para atingir esses objetivos, este texto se divide em seis seções:

Na seção 2, “Uma abordagem materialista e dialética do problema”, discutimos sobre o estudo teórico-conceitual como nossa metodologia de coleta e análise de dados, com base em Martins e Lavoura (2018).

Na seção 3, referencial teórico: a materialidade para o materialismo histórico-dialético, discutimos sobre a materialidade com bases materialista históricas e dialéticas (Engels, 2020, 2015; Lênine, 1982; Cheptulin, 1982; Ovchinnikov, 1955; Fataliev, 1966).

Na seção 4, “Desenvolvimento histórico dos modelos atômicos”, recorreremos à leitura de obras de historiadores da ciência e da química (Bernal, 1969; Vidal, 1986; Bensaude-Vincent; Stengers, 1996) para compreender como se dá o movimento histórico da constituição dos modelos atômicos, apresentando sua relação com a formação social e econômica de cada época e com o desenvolvimento científico, em especial, da química.

Na seção 5, “Principais discussões da filosofia da química”, localizamos a nossa pesquisa dentre as diversas temáticas debatidas pela filosofia da química e especificamos a relação do nosso objeto de pesquisa com a área e apresentamos o acervo de análise (composto por artigos escritos por químicos, físicos, historiadores da química, historiadores da ciência que enfocam na discussão sobre os modelos atômicos ou a teoria atômica).

Na seção 6, “Aspectos filosóficos da materialidade dos átomos”, trazemos a exposição da análise de nove artigos na tentativa de buscar compreender os aspectos filosóficos relacionados à materialidade dos átomos discutidos na filosofia da química.

Na seção 7, “Implicações para o ensino de química histórico-crítico de modelos atômicos”, discutimos aspectos da dimensão filosófico-científica do

conteúdo de modelos atômicos, no que diz respeito à existência real dos átomos, para a formação da concepção de mundo materialista, histórica e dialética e reforçar que há um indicativo dos modelos atômicos enquanto clássico da química.

7. IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA HISTÓRICO-CRÍTICO DE MODELOS ATÔMICOS

Com o objetivo de desenvolver uma concepção de mundo materialista histórica e dialética, pretendemos neste capítulo responder às questões: por que é necessário ser incorporada a discussão sobre a existência dos átomos no ensino histórico-crítico de modelos atômicos? Qual o papel/relevância/contribuição da discussão sobre a existência dos átomos para o desenvolvimento de uma concepção materialista, histórica e dialética no ensino histórico-crítico de modelos atômicos? Na tentativa de compor aspectos da dimensão filosófico-científica do conteúdo de modelos atômicos, no que diz respeito à existência real dos átomos, para a formação dessa concepção de mundo. Com base nisso, pretendemos reforçar que há um indicativo para os modelos atômicos serem um conteúdo clássico da química, tal como demonstrado pela análise dos livros didáticos de Santos (2020).

Buscamos dar contribuições teóricas para a materialização de uma didática histórico-crítica para a educação química, no sentido que é ressaltado por Messeder Neto (2022) sobre a necessidade de cada área, com seus conteúdos específicos, aprofundar os estudos em seu objeto de conhecimento e nos elementos que constituem essa didática, seja na aplicação e análise de sequências didáticas ou de estudos teóricos propositivos para a materialização da PHC.

Também partimos das contribuições de Santos e Messeder Neto (2023) para se pensar sobre alguns aspectos do clássico que nos valem nesta pesquisa, são eles: a potencialidade com a liberdade do ser humano, de modo que nos apropriamos de individualidades e da coletividade de determinado contexto histórico; as necessidades históricas, ou seja, a prática social do conteúdo a ser ensinado como um dos critérios de seleção. Os autores em acordo com Galvão, Lavoura e Martins (2019) afirmam que a materialização do clássico pode ser garantida por meio da investigação histórica dos conteúdos escolares. A dimensão filosófico-científica da concepção de mundo está justamente relacionada à elaboração do conhecimento histórico da humanidade (Rosa, 2018). Tomamos aqui um exemplo nosso de uma análise da dimensão filosófico-científica da concepção de mundo na química, tomando como fundamento ontológico o trabalho:

[...] o trabalho de Mendes (2018) traz alguns aspectos ao discutir sobre o domínio do fogo pela humanidade. Essa transformação

química foi base para os novos meios de produção, originando um desenvolvimento técnico que levou ao surgimento da metalurgia, da máquina a vapor, do motor à explosão e do desenvolvimento atual das forças produtivas. (MENDES, 2018). Por meio da produção e reprodução do fogo são criadas novas objetivações que impulsionam o processo de desenvolvimento do pensamento objetivo. (MENDES, 2018). O domínio do fogo e posterior compreensão da reação química de combustão na ciência moderna, como conhecimento objetivo da realidade, não mais antropomorfizado pelas explicações místicas, possibilitaram a desantropomorfização dos fenômenos, resultando no desenvolvimento das forças produtivas e de novos conhecimentos sobre a realidade. A objetividade deste conhecimento modificou a subjetividade do ser social, ao mesmo passo que o conhecimento somente foi produzido com base nessa subjetividade e nas condições objetivas dadas (Bernardo *et al*, 2023, p. 21)

A relação da educação escolar e a concepção de mundo é discutida por Duarte (2015, p. 10) a partir da PHC, que postula “que a tarefa da escola é a socialização das formas mais desenvolvidas de conhecimento” e “tem por objetivo a formação das bases para a difusão do materialismo histórico-dialético como concepção de mundo”. Os conhecimentos, posicionamentos e valores sobre a vida, a sociedade e a natureza e a relação entre elas, são o que constituem a concepção de mundo (Duarte, 2015). Ou seja, “[...] a concepção de mundo é síntese do universo simbólico (produzido socialmente) do qual o indivíduo se apropria ao longo da vida, independente do conteúdo deste universo (seu grau de objetividade etc)” (Rosa, 2018, p. 68).

A PHC defende os conteúdos escolares e suas formas de ensino e o materialismo histórico-dialético é entendido como a concepção de mundo mais desenvolvida e crítica, de modo que “o papel educativo do ensino dos conhecimentos científicos, artísticos e filosóficos efetiva-se de maneira tão mais consistente quanto mais esse ensino esteja fundamentado na concepção de mundo materialista, histórica e dialética” (Duarte, 2015, p. 9).

O ensino dos conteúdos escolares é também educar, pois é o ensino das concepções de mundo difundidas por cada conhecimento, seja da Química, Física, História, Geografia etc, mesmo que não estejam aparentes ou sejam espontâneas, elas existem (Duarte, 2015). Endossamos a observação feita por Duarte (2015, p. 12) de que o objetivo não é que o professor ensine o materialismo histórico-dialético, “mas sim que as bases dessa concepção de mundo podem ser formadas pelo ensino dos conteúdos escolares”.

Os elementos culturais estão marcados pela luta ideológica, dentre elas a luta entre concepções de mundo, devido às contradições inerentes à luta de classes, de modo que se faz necessário considerar o caráter contraditório e heterogêneo do seu desenvolvimento tomando posicionamento entre as concepções conflitantes existentes (Duarte, 2015). Percebemos durante nossas análises e no desenvolvimento histórico dos modelos atômicos, a presença do conflito secular entre a continuidade e a descontinuidade da matéria (primeiro com o embate entre a teoria dos elementos e a teoria atômica; e depois com o embate sobre a existência real ou não dessas partículas), de modo que a concepção atomista, ao mesmo tempo que no princípio foi metafísica, por assumir os átomos como imutáveis, sem diferenças qualitativas, possibilitou a compreensão do mundo por suas próprias partes, a base do materialismo. No entanto, quando essa concepção de átomo foi superada pela divisibilidade e transmutação da matéria no início do século XX, com a descoberta do elétrons e outras partículas subatômicas, o materialismo metafísico foi superado, como discutido por Fataliev (1966). Como ressaltado por Duarte (2015, p. 14):

O desenvolvimento da concepção de mundo depara-se, inevitavelmente, com a necessidade de reconhecimento de suas relações com a prática social concreta, ou seja, reconhecimento de sua inserção na luta de classes e, portanto, na luta ideológica.

Como pudemos reconhecer no desenvolvimento histórico dos modelos atômicos, as teorias atômicas foram majoritariamente negligenciadas por séculos por demonstrarem uma base materialista de explicação da matéria, ainda que metafísicas e limitadas, sendo opostas às concepções religiosas e mágicas, que têm bases idealistas. As concepções mágicas se diferenciam das concepções religiosas, pois as primeiras consideram as forças naturais como espíritos controlados pelo homem e as últimas por serem produto da sociedade de classes, atribuem o controle das forças naturais aos deuses, acima da vontade humana e, por isso, também antropomórfica: reflete a relação entre dominantes e dominados da sociedade estruturada em classe, “captação imediata, espontânea e fetichizada” dessa sociedade (Rosa, 2018, p. 81). De acordo com Duarte (2015), quando Gramsci afirma que o princípio educativo da escola é o trabalho, significa que com os conteúdos escolares há uma luta, de um lado, da concepção de mundo que articula o conhecimento objetivo da natureza e a organização coletiva consciente da

sociedade, e do outro lado, de concepções de mundo mágicas ou folclóricas, de senso comum, influenciadas por misticismo e idealismo.

Ensinar ciências da natureza e da sociedade na escola é trabalhar com valores, ou seja, visões de mundo que são partes da produção e difusão do conhecimento, e que resultam em conflitos ideológicos (Duarte, 2020). Perguntas como “O que é a realidade? O que é a sociedade? O que é a vida humana? Até que ponto o ser humano é sujeito dos rumos da vida e da história?” foram produzidas “pela própria construção do conhecimento científico” e se opõem às concepções pré-científicas ou anti científicas “que subordinam o mundo realmente existente a crenças em mundos transcendentais e em seres e forças místicas e misteriosas que comandariam o que acontece na realidade” (Duarte, 2020, p. 20).

Durante o século XX, a redução da prática à utilidade cotidiana defendidas pelo positivismo e pragmatismo, se aprofundou com o surgimento do neopositivismo, do construtivismo, do neopragmatismo, da teoria do conhecimento tácito, do neoliberalismo, do pós modernismo, etc, e difundiu que a ciência não deve se envolver com as concepções de mundo, o que possibilitou a expansão do irracionalismo e o misticismo e que interessa à burguesia, visto que as concepções religiosas são importantes mantenedoras da domesticação da classe dominada (Duarte, 2015).

O materialismo espontâneo, denominado realismo ingênuo pelos idealistas, é uma das características do pensamento cotidiano, originado pela própria atividade de trabalho, pois os indivíduos, para satisfazer suas necessidades transformando a natureza, precisam lidar com a objetividade dos processos naturais, ainda que limitado pela imediatez dos objetos da prática (Duarte, 2015). Esse materialismo espontâneo, inclusive, é mais sensato que as filosofias idealistas, é a relação primordial entre sujeito e objeto presente no cotidiano, de modo que a materialidade da existência é percebida pelos sujeitos, porém sem reflexões profundas: capta-se o mundo mas não se questiona sobre o que se capta, se os sentidos ou as conclusões da nossa consciência são confiáveis, tais tarefas são da ciência e da filosofia (não há como escapar desta relação espontânea com o mundo, mesmo que o sujeito seja um filósofo ou cientista, isso não os exclui do cotidiano) (Duarte, 2015; Rosa, 2018).

Rosa (2018) retoma um exemplo dado por Lukács: um berkeleyano, mesmo que fanático, para atravessar a rua jamais evitaria ou esperaria um carro se não

acreditasse na existência do mundo independente dele, o que significa que a espontaneidade não é um defeito, mas necessária para a vida. Como verificamos nas análises filosóficas, embasadas em Lênine (1982), há ainda a presença desse idealismo subjetivista na química e na física, de modo que as sensações determinariam a realidade ou não das partículas atômicas. Isso implica que é necessário, para um ensino de química histórico-crítico de modelos atômicos, que o professor tenha consciência dessas concepções filosóficas para não cair em relativismo.

Pois, considerando a afirmação de Messeder Neto, Teixeira e Colturato (2022) sobre as tendências ascendentes do pós modernismo (em suas vertentes do multiculturalismo, das particularidades e da decolonialidade, com identidades limitadas a cidadania burguesa para o consumo) na área de ensino de ciências: pelo fato de se denominarem modelos atômicos, pode-se interpretar que os átomos não são reais e reforçar as tendências instrumentalistas, pragmáticas ou anti realistas: os modelos atômicos são apenas representações ou instrumentos úteis, ou ainda, uma intuição teórica dos intelectuais, não tendo materialidade, sendo fruto exclusivamente da mente humana, da subjetividade.

A objetividade se dá na aproximação entre o sujeito e o objeto, de forma que o objeto é a prioridade, pois é necessária a apropriação do objeto pelo sujeito para que possa compreendê-lo, e no movimento histórico essa captação é limitada, o sujeito capta algumas determinações, outras não (Messeder Neto; Teixeira; Colturato, 2022). Tendo como ponto de partida que a realidade existe fora da consciência, terão objetivações e determinações que não são visíveis a toda humanidade, e justamente por isso, o trabalho é coletivo e portanto, se contrapondo a algumas proposições decoloniais, Messeder Neto, Teixeira e Colturato (2022) afirma: se o átomo dá conta da realidade é necessário estudá-lo, independente de quem foi o cientista ou os cientistas que o propuseram - ainda que seja importante investigar e expor os apagamentos e distorções que houveram na história da ciência, isso não invalida a objetividade do conhecimento produzido.

Ao contrário dos conhecimentos produzidos na esfera cotidiana, que são subjetivos e “projetam de elementos da consciência subjetiva no mundo objetivo”, o método científico faz o inverso “parte do objeto, dos fenômenos do real em direção ao sujeito”, sendo objetivo e refletindo “a realidade objetiva com a maior fidelidade possível” (Rosa, 2018, p. 83). Desta forma, a ciência é a humanidade que olha para

si e separa aquilo que é objetivo, o mundo, daquilo que é subjetivo, o quadro do mundo, e portanto, desantropomorfiza a imagem subjetiva da realidade, de modo que “a verdade científica é temporária porque tomar consciência das incoerências do próprio pensamento é tarefa que leva o tempo da história humana” (Rosa, 2018, p. 84).

Como discutido por Rosa (2018), as primeiras formas de pensamento científico, as dialéticas, apareceram na Antiguidade primordialmente e se desenvolveram somente com a modernidade, da mesma forma que no capitalismo também encontramos formas primitivas de pensamento na ciência e na filosofia, o que não anula a evidência de que a ciência tende à objetividade. Messeder Neto, Teixeira e Colturato (2022) concordam com Rosa (2018) e discutem que o progresso científico é dialético, ao mesmo tempo que impulsiona o domínio sobre a natureza, também são geradas contradições, que podem resultar em retrocessos, mas que não nega o fato de termos um maior domínio sobre a natureza do que anteriormente.

[...] tanto o senso comum quanto o pensamento mais desenvolvido de determinada época estão sujeitos ao controle da classe detentora dos meios de produção econômica. Deste modo, assim como o senso comum encontra terreno fértil para a propagação da ideologia dominante, a ciência, com frequência, serve aos interesses capitalistas (Rosa, 2018, p. 77).

Como destacado por Messeder Neto, Teixeira e Colturato (2022, p. 171): “com os entraves do capital a gente vai também por uma via destrutiva porque não dá pra avançar tanto. [...] Mas isso não é uma limitação do conhecimento científico, mas das relações sob as quais a gente tá sendo colocado agora”.

Como podemos ver que no desenvolvimento histórico do conceito científico de modelos atômicos apareceram diversas teorias e tentativas de aproximação com a realidade objetiva que eram errôneas, no entanto, ainda representavam algum nível de objetividade, de outra esfera, não cotidiana. Como é o exemplo dado por Lênine (1982) sobre a descoberta do elétron no início do século XX e que os idealistas denominavam de desaparecimento da matéria, o que na verdade demonstrou que a previsão de Engels, com base no materialismo dialético, sobre a matéria ser inesgotável e não ser reduzida a nenhum elemento essencial e imutável: estava correta, contrariamente ao que era compreendido pelas primeiras teorias atômicas (materialistas metafísicas), como a de Dalton. Ainda que, como discutido por Kedrov (1949), essa teoria inseriu na química a dialética por meio das leis das

múltiplas proporções, ainda considerava os átomos como partículas indivisíveis e imutáveis.

Para a PHC é insuficiente contar a história dos conteúdos, é necessário que o estudante desenvolva uma intuição histórica que desmistifique a imutabilidade do mundo e da sociedade, vislumbrando possibilidades de transformação da realidade, ou seja, se aproprie da ideia de necessidade humana ao evidenciar o que tava posto quando o conceito surgiu e os debates da época (Messeder Neto, 2022). Para o ensino de química histórico-crítico se dar, precisamos

[...] disputar a concepção de mundo dos estudantes de modo a produzir em cada um deles nossas conquistas históricas sobre o entendimento da matéria e suas transformações com o intuito de instrumentalizá-los para que conheçam a realidade e queiram urgentemente transformá-la na direção da superação dessa sociedade capitalista (Messeder Neto, 2022, p. 290)

Desse modo, assumir a matéria como atômica teria implicações contrárias a esse próprio modo de produção: ora, se o mundo é composto por partículas divisíveis e espaços vazios, existentes antes e independentemente de nós, somente a descoberta das interconexões entre as partes materiais que compõem esse mundo, pode nos oferecer um reflexo mais fiel da realidade objetiva. A diversidade qualitativa dos átomos, a transmutação dos elementos químicos junto com a teoria da evolução, por exemplo, se opõem à metafísica, à imutabilidade da matéria e da natureza, e demonstram a indissolubilidade entre matéria e movimento. As relações entre os objetos materiais são interdependentes e dinâmicas, de modo que se interagem mutuamente, sempre em movimento, como demonstrado pelos resultados ulteriores da ciência moderna sobre a estrutura da matéria (as partículas atômicas e subatômicas estão em incessante movimento; não existe repouso absoluto, apenas relativo).

Conforme Messeder Neto (2022, p. 278) afirma:

Ensinar átomo, como conceito científico, é mostrar do que ele é composto, os debates contemporâneos acerca da sua estrutura, a necessidade histórica que levou a humanidade a entender esse aspecto da realidade, como ele é fundamental para entender aspectos mais complexos da matéria e suas transformações etc. Trata-se de trazer o átomo como uma conquista humana ao se aprofundar no estudo da realidade.

Entende-se que as ciências da natureza enquanto processo de objetivação para compreender a natureza, conhecer as leis, seu funcionamento, tem o objetivo de dominá-la para suprir as necessidades do processo de trabalho e fazer

transformações que irão gerar novas objetivações e necessidades que não estavam dadas pela natureza (Messeder Neto, Teixeira e Colturato, 2022). Como demonstrado por Bernardo *et al* (2023, p. 24), ao considerar o trabalho como fundamento ontológico de uma concepção de mundo materialista, histórica e dialética, a educação química histórico-crítica se direciona para que os estudantes “estabeleçam relações dos conteúdos/conceitos com o desenvolvimento dos tipos de transformações das matérias/materiais, como conhecimento objetivo e como ferramentas para a transformação social”.

O trabalho, como fundante do ser social, se complexifica em elementos que se constituem em “[...] esfera da atividade humana com função distinta, orientada para objetivos que vão além do próprio trabalho”: “[...] o trabalho se diferencia em ciência e em outras atividades genéricas em resposta às necessidades produzidas pelo próprio ser social [...]” de modo que tanto a ciência se origina do trabalho enquanto necessidade prática, quanto retorna para enriquecer e complexificar o trabalho - que “impulsiona permanentemente o desenvolvimento da ciência” (Rosa, 2018, p. 70-71). “Em outras palavras, a atividade científica tanto exige quanto produz um pensamento profundamente abstrato o qual não é necessariamente aplicado diretamente na atividade de trabalho e na esfera prática da vida” (Rosa, 2018, p. 73).

A projeção da consciência subjetiva no mundo objetivo pelo sujeito é a expressão do aspecto teleológico do trabalho, “a força criadora e transformadora da natureza da qual o ser social é dotado”, pois tendo um reflexo aproximado da realidade objetiva, pode desenvolver a capacidade de colocar em seu domínio os processos naturais; na cotidianidade essa força é personificada ou resultado de uma consciência exterior, que transcende e antecede o ser humano, permitindo nas etapas iniciais da sociedade o surgimento das concepções mágicas de natureza (Rosa, 2018, p. 79-80). As concepções antropomórficas foram predominantes na explicação da natureza e da visão de mundo da natureza na esfera científica por muitos séculos, sendo superadas, no caso da Biologia, somente nos séculos XIX e XX com a teoria da evolução (Rosa, 2018).

É a partir do trabalho, “entendido como o fundamento de um processo que complexifica cada vez mais o ser social” (Rosa, 2018, p. 70), da sua diferenciação em ciência, que se demonstra a possibilidade de conhecer a realidade e de se aprofundar, em nosso caso, na estrutura da matéria para transformar a natureza,

como buscamos demonstrar no capítulo histórico, por exemplo, durante o período das revoluções burguesas: o incentivo à ciência devido seu sucesso aplicado ao aperfeiçoamento das técnicas (navegação marítima, máquinas a vapor, etc) contribuiu para as transformações sociais que se sucederam na Revolução Francesa e na Revolução Industrial. Os contextos históricos de revoluções estruturais são períodos que surgem diversas produções relevantes para a história da humanidade, sendo mais férteis, como durante o desenvolvimento da ciência moderna nas revoluções francesa e industrial, o que pode ser um norteador para investigar o conceito de clássico com as especificidade de cada disciplina (Santos e Messeder Neto, 2023).

Nesse ínterim, a teoria atômica pôde se desenvolver, ainda que considerada apenas uma hipótese ou uma especulação filosófica, pois demonstrou a necessidade de se compreender a matéria particulada para o desenvolvimento, por exemplo, da indústria à vácuo, das explicações dos fenômenos gasosos - da investigação das substâncias que os compõem e as formas de obtê-los -, possibilitando mais tarde a previsão quantitativa da formação de compostos o que gerou um aumento da eficiência energética das máquinas à vapor e da produtividade das indústrias, atendendo aos interesses da burguesia, do capital e por isso, o ensino de química histórico-crítico não pode se abster “de conhecer os modos de produção que a humanidade viveu; com destaque para o capitalismo que, ainda hoje, rege o modo de reproduzir a nossa existência” (Messeder Neto, 2022, p. 280).

Deste modo, o modelo particulado de matéria, como mostramos, deu maior domínio à humanidade dos processos naturais e químicos a ponto de possibilitar a transformação material, seja superando a barreira da síntese de compostos orgânicos por vias inorgânicas ou pela transmutação dos elementos químicos pela radioatividade. Messeder Neto, Teixeira e Colturato (2022) discutem que quando se assume que a matéria é composta de partículas e espaços vazios, se assume uma concepção materialista: essa concepção de materialidade dificulta prosperar concepções místicas da matéria. A compreensão atômica da matéria nos possibilita conceber o mundo de maneira materialista, histórica e dialética, permitindo a transformação da realidade pelo próprio ser humano. Como explicita Messeder Neto (2022, p. 279):

Essa compreensão catártica de que a matéria é formada de partículas e espaços vazios, mesmo que no aparente se mostre contínua, é um dos horizontes, em termos de compreensão da estrutura da realidade, que devemos ter como meta quando esse assunto figura em nossas salas de aula.

Os conteúdos são imprescindíveis para o sujeito entender e transformar a realidade de forma coletiva, com base na PHC, de modo que o professor deve ir além do ensino do conceito por si mesmo, abstraído da realidade objetiva, e, para que possamos atingir o grau de consciência que ensejamos, deve considerar:

a historicidade, o movimento e a dinamicidade do conteúdo permitirão que o aluno, ao se apropriar dessas objetivações humanas, atinja uma compreensão mais sintética da prática social global, uma consciência filosófica que supera, por incorporação, o senso comum (Messeder Neto, 2022, p. 276).

Para a PHC, o ensino do conteúdo considera a concretude e dinamicidade dos conceitos na realidade, de modo que não se reduza à mera vinculação ou relação do conhecimento com a sociedade e o ambiente, mas compreenda suas contradições pela prática social humana (Messeder Neto, 2022). Como condição para entender a prática social, é importante o educador histórico-crítico das ciências da natureza orientar os conteúdos para compreensão dos meios de produção, de considerar um debate ambiental classista, entendendo o funcionamento da natureza e sua transformação pelo ser humano nesse modo de produção e suas consequências, no caso, o colapso ambiental que está sendo produzido pelo sistema capitalista (Messeder Neto, 2022). Questiona, Duarte (2020, p. 18):

[...] como ensinar ciências da natureza sem se discutir o que o capitalismo está gerando em termos de destruição das condições de vida em nosso planeta? Existe desenvolvimento sustentável sem a superação da lógica econômica comandada pelo capital?

Tentamos extrair da prática social global, como sugere Messeder Neto (2022, p. 276-277), “[...] quais elementos são centrais para que o sujeito compreenda o mundo para além das aparências, para que ele veja aquilo que se esconde na opacidade da vida cotidiana e conheça aquilo de mais desenvolvido que a humanidade já construiu”. As ciências naturais modernas têm cada vez mais se ocupado de fenômenos que não observamos no cotidiano, numa relação imediata, como é o caso dos fenômenos atômicos e moleculares (Rosa, 2018). E neste sentido, demonstramos que compreender a matéria particulada, atomizada e quantizada revela o caráter contraditório entre a aparência e a essência presente na natureza expressa pela continuidade e descontinuidade da matéria, de modo que na

aparência a matéria é contínua, não se subdivide em pequenas partículas possíveis de serem vistas a olho nu ou por equipamentos ópticos.

O que, de fato, jamais seria possível, pois o comprimento de onda dos elétrons e dos átomos são muito menores do que o comprimento de onda da luz, assim nenhum equipamento óptico é capaz de permitir a observação direta dessas partículas. Ao nível experimental, somente podemos inferir indiretamente a presença dessas partículas por técnicas de microscopia eletrônica, dados sinais obtidos a partir de um feixe de elétrons que é bombardeado sobre o material a ser analisado, ou por espectroscopia de absorção atômica, de massa, etc, que possibilita a detecção de moléculas, não de átomos.

Tomando isso como base, podemos dizer que a permanência da discussão presente hoje sobre a existência real ou não dos átomos não tem objetividade, como diz Marx (1845) na segunda tese sobre Feuerbach: “a disputa sobre a realidade ou não realidade de um pensamento que se isola da práxis é uma questão puramente escolástica”. E conforme presenciamos ao longo dessa dissertação, os modelos atômicos, ainda que com suas limitações históricas, sobreviveram a um embate secular, de idas e vindas sobre a teoria atômica, até a sua consolidação como científica durante o século XIX e XX: a previsibilidade quantitativa da formação de compostos, sua aplicação nas indústrias de síntese de produtos e de geração de energia (à vapor, elétrica, radioativa), tornou-se cada vez mais difícil negar sua objetividade, alavancando sua posição de mera hipótese ou especulação filosófica para científica.

De acordo com Messeder Neto, Teixeira e Colturato (2022, p. 192), partindo da premissa que o desenvolvido explica o menos desenvolvido, devíamos estar ensinando modelo quântico em química e não somente a história do modelo de Dalton, Thomson, Rutherford-Bohr, pois não auxilia no desenvolvimento no pensamento da ideia de átomo, mas sim pensar que “a realidade vai estar me dando o que é matéria hoje, descontínua, que o elétron, dá pra pensar ele como partícula – isso aqui é essencial para entender a realidade objetiva”.

A partir da definição de trabalho educativo de Saviani, podemos inferir que, independente do conhecimento específico, é necessário que os professores obtenham o que a humanidade produziu de maior relevância e o convertem em saber escolar, buscando a forma mais adequada para que os alunos possam aprender (Messeder Neto, 2022).

Para além de definir quais conteúdos são clássicos com base no desenvolvimento histórico do gênero humano, Duarte (2015, p. 18) ressalta que o seu papel educativo será efetivo se for determinado “tanto pela riqueza (pelo valor) de seu conteúdo, em termos de desenvolvimento histórico do gênero humano, quanto pelo significado que esse clássico terá, num determinado momento, para a efetivação das possibilidades de desenvolvimento da individualidade do aluno”, de modo que o conteúdo e a forma constituem uma unidade no clássico, que ao se transformar em conteúdo escolar possibilita formas didáticas distintas de ser trabalhado.

A relação entre conteúdo e forma dos clássicos na educação escolar deve tomar como referência a concepção de mundo materialista, histórica e dialética, em contraposição ao relativismo e o dogmatismo: o primeiro nega os clássicos, sendo eles apenas fruto de concepções etnocêntricas e colonizadoras, ou só são valorizados para uma cultura particular; o segundo desconsidera a historicidade dos clássicos, existindo em si mesmo a partir de uma hierarquia idealizada (Duarte, 2015). Neste sentido, a PHC supera tanto o relativismo quanto o dogmatismo ao defender que a escola deve trabalhar com conteúdos clássicos, seja nas ciências, nas artes ou nas filosofias, tomando como referência a luta histórica pela emancipação do gênero humano (Duarte, 2015).

Existe uma unidade de contrários na investigação da seleção de conteúdos na PHC entre “conhecer como a estrutura desses conhecimentos estão organizadas no contexto atual, assim como os seus processos e movimentos de desenvolvimento ao longo da história de sua produção pela humanidade” (Santos; Messeder Neto, 2023, p. 8). Foi proposta pelos autores um caminho de investigação do clássico em três pontos:

- a) Investigar a estrutura lógica do conhecimento a ser ensinado. Identificar o que se expressa como mais geral, o que dá identidade ao objeto específico, sem perder de vista a prática social, e, assim, encontrar os conceitos estruturantes do objeto e suas manifestações concretas;
- b) Entender o movimento de seleção dos conteúdos ao longo da história de consolidação da disciplina escolar do objeto específico. Ademais, cabe aqui olhar o que permaneceu e o que foi excluído, isto, a partir da investigação dos livros didáticos e currículos instituídos, prestando atenção nos embates daquilo que permaneceu e daquilo que foi retirado ao longo da história da disciplina;
- c) Investigar a história do desenvolvimento da ciência de referência sem abrir mão das contradições políticas. Entender o processo de produção do conhecimento é crucial para que possamos perceber,

em movimento, o objeto que desejamos ensinar e suas tendências de transformação, para que assim possamos pensar com mais acuidade aquilo que de fato se estabeleceu no tempo por se caracterizar como algo essencial (Santos; Messeder Neto, 2023, p. 17-18).

Nesta pesquisa, tentamos atingir de forma mais direta os caminhos a) e c):

a) parcialmente atingido com as análises filosóficas, pois como apresentamos no capítulo 7 que existem diversas linhas de pesquisa na filosofia da química e nos restringimos a investigar somente um aspecto dentre tantos, o da existência real ou não dos átomos, e desse modo não podemos afirmar que se identifica com o mais geral ou que dá identidade ao objeto, os modelos atômicos, mas sim, que para o desenvolvimento desse objeto é um aspecto determinante para os desdobramentos e as necessidades da prática social, como procuramos demonstrar aqui.

b) não atingimos diretamente, mas indiretamente pela pesquisa já feita por Santos (2020), que nos facilitou essa tarefa ao apontar os modelos atômicos como um dos conteúdos que resistiram às mudanças nos livros didáticos brasileiros, tendo aparecido pela primeira vez no período de 1930-1947 e permanecido até hoje, sendo um indicativo de conteúdo clássico da química para a Pedagogia Histórico-Crítica.

c) atingido na medida que conseguimos apresentar o desenvolvimento histórico dos modelos atômicos e a sua relação com os modos de produção e as forças produtivas, além de partir dessa própria história para compreender o embate entre a realidade ou não dos átomos, embora reconheçamos não ter conseguido em todos os momentos fazer essas articulações pela própria dificuldade de encontrar referenciais (como antecedemos, essa pesquisa não se pretende historiográfica), além do que já apresentamos no capítulo do desenvolvimento histórico.

De acordo com Messeder Neto (2022, p. 278), para que os conteúdos da química sejam trabalhados em uma perspectiva histórico-crítica deve-se “[...] executar um ensino que ampliará, de modo espiralar, a significação das palavras, seus nexos e relações, deixando a realidade cada vez mais inteligível para o estudante”, e deste modo, se torna possível o desenvolvimento de “uma concepção de mundo cada vez mais materialista da natureza, afastando-se de explicações místicas, folclóricas, fetichizadas sobre a matéria e suas transformações.”

O horizonte do professor histórico-crítico deve ser as próprias conquistas históricas da humanidade e o modo que a ciência se transforma em força produtiva

e é mobilizada pelo modo de produção que vivemos, colocando a tecnologia a serviço de interesses mercadológicos (Messeder Neto, 2022). O ensino de química histórico-crítico deve “arrancar o véu do processo produtivo, mostrando para cada estudante que as produções humanas são fruto de trabalho humano”, de uma classe que necessita vender sua força de trabalho para sobreviver nesse sistema regido pela mercadoria (Messeder Neto, 2022, p. 280).

Messeder Neto (2022) ressalta que, diante da concretude das escolas, a tarefa do ensino de química histórico-crítico pode parecer impossível, inatingível, no entanto, o professor que prevê idealmente o objetivo de ensino, tenta encontrar brechas dentro da sua prática para que se efetive mais aproximadamente desse objetivo e precisa agir politicamente para criar mais condições para o ensino da química concreta. Rosa (2018, p. 67) discute que “o trabalho pedagógico coloca-se como responsável pela ligação não espontânea, intencional e consciente entre o indivíduo e as formas de conhecimento mais desenvolvidas, tal como o conhecimento objetivo (filosófico-científico) sobre a natureza”.

Como bem destacado por Santos e Messeder Neto (2023, p. 19), é necessário “estabelecemos uma agenda coletiva das diversas disciplinas específicas para avançar no enriquecimento do clássico em seu sentido universal a partir das especificidades de cada disciplina”, mas como alerta os autores, isso não resolve o trabalho educativo e a transformação na sociedade, ainda que importante para auxiliar o uso da PHC na escola, é somente na luta política com os movimentos sociais “pulsando a práxis revolucionária de forma organizada e coletiva que poderemos vislumbrar um futuro melhor e mais digno sem a exploração do ser humano pelo ser humano”.

Concluimos que é possível identificar o embate entre algumas tendências idealistas ou materialistas a respeito da materialidade dos átomos, sendo elas instrumentalistas, pragmáticas ou realistas na filosofia da química. Cada uma delas está relacionada a uma base filosófica distinta, respectivamente: idealismo subjetivo, idealismo objetivo e materialismo. Pudemos compreender a constituição dos modelos atômicos em seus aspectos filosóficos e a sua relação com as influências ideológicas, econômicas e políticas de cada período, como é o caso das proposições de modelos físicos dos átomos na química orgânica, na busca de atender ao positivismo que imperava no século XIX, ou então, o pragmatismo que era uma resposta a demanda capitalista de síntese de novos compostos.

Podemos dizer que conceber a estrutura da matéria como atomizada e que esses átomos existem materialmente implica filosoficamente: a realidade existir independente do ser humano (os átomos, enquanto partes constituintes da estrutura da matéria, demonstram que há coisas das quais não podemos ver, porém que existem e determinam em algum nível as propriedades dos materiais e das substâncias); a possibilidade de transformação (o movimento enquanto forma de existência da matéria, em especial dos átomos, revela o caráter de incessante movimento da realidade e portanto, da sua transformação); a conexão mútua e interdependente entre os objetos da realidade (a compreensão de que essas partículas somente tem existência na relação com as outras e em determinadas condições); existe uma contradição entre aparência e essência na realidade (a continuidade - visível - e a descontinuidade da matéria - invisível).

Essas implicações são importantes para a constituição da dimensão filosófico-científica da concepção de mundo a partir dos modelos atômicos, de modo que podemos articular esses aspectos direcionando o ensino histórico-crítico deste conteúdo para a formação de uma concepção de mundo materialista, histórico e dialética.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOITES, V.; ABOITES, G. La ciencia y el mundo físico de acuerdo a W. T. Stace. **Valenciana**, n. 21, p. 187-205, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.org.mx/pdf/valencia/v11n21/2007-2538-valencia-11-21-187.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2023.

ABOITES, G. **Gilberto Aboites Manrique**. Disponível em: <http://www.investigacionyposgrado.uadec.mx/investigador/gilberto-aboites-manrique/>. Acesso em: 24 fev. 2023.

ABOITES, V. **ResearchGate**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Vicente-Aboites>. Acesso em: 24 fev. 2023.

AGOSTINI, C.; SILVEIRA, I. P.; POLLA, C. C. Scientific Evolution of Philosophical Concepts of the Origins of Universe and Life. **Revista Archai**, [S.L.], v. 1, n. 31, p. 1-22, 10 dez. 2021. Coimbra University Press. http://dx.doi.org/10.14195/1984-249x_31_16. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/archai/a/vXwfBBMQHcVQLXGmywd6SDd/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 06 ago. 2023.

BAIRD, D; SCERRI, E; MCINTYRE, L. **Philosophy of chemistry: synthesis of a new discipline**. Dordrecht: Springer, 2006.

BRASIL. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Educação. **Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias - Ensino Fundamental - Ciclo II e Ensino Médio**. São Paulo, 2011. Disponível em: <https://www.educacao.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/235.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2023.

BRASIL. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Educação. **Currículo Paulista: Etapa Ensino Médio**. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/2020/08/CURR%C3%84CULO%20PAULISTA%20etapa%20Ensino%20M%C3%A9dio.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_sit e.pdf. Acesso em: 03 mar. 2023.

BENSAUDE-VINCENT, B.; STENGERS, I. **História da química**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.

BERNAL, J. D. **Ciência na história**. Lisboa: Livros Horizonte, 1969. (Volume 3).

BERNARDO, F. A.; ESTEVAN, L. R. Q.; MASSI, L.; TEIXEIRA, L. A. Trabalho como fundamento ontológico de uma concepção de mundo materialista, histórica e dialética para a educação em Química. **Revista HISTEDBR On-line**, Campinas, SP, v. 23, p. 1-28, 2023. DOI: 10.20396/rho.v23i00.8671015. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/histedbr/article/view/8671015>. Acesso em: 27 abr. 2023.

CANALES, C. G. **ResearchGate**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Guterrez-Canales-2>. Acesso em: 24 fev. 2023.

CÁSSIO, F. L. Base Nacional Comum Curricular: ponto de saturação e retrocesso na educação. ("Base Nacional Comum Curricular: ponto de saturação e retrocesso na ...") **Retratos da Escola**, v. 12, n. 23, p. 239-254, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22420/rde.v12i23.887>

CATINI, C. Empreendedorismo, privatização e o trabalho sujo da educação. **Revista USP**, n. 127, p. 53-68, 2020. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.i127p53-68>

CHAGAS, A. P. **Aécio Pereira Chagas**. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/8921671762710331>. Acesso em: 24 fev. 2023.

CHAGAS, A. P. **Aécio Pereira Chagas**. Disponível em: <http://www.abc.org.br/membro/aecio-pereira-chagas/>. Acesso em: 24 fev. 2023.

CHAGAS, A. P. Existem átomos? (abordando Jean Perrin). **História da Ciência e Ensino**, [s. l.], v. 3, p. 7-16. 2011. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/hcensino/article/view/5605#:~:text=Inicialmente%20destaca m%2Dse%20alguns%20pontos,evid%C3%AAs%20sobre%20a%20realidade%20molecular>. Acesso em: 10 jul. 2022.

CHAGAS, A.P. Os noventa anos de *Les Atomes*. **Química Nova na Escola**, São Paulo, Coleção Ano Internacional da Química, n. 17, mai. 2003. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/a09.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2022.

CHAVES, L. M. M. P.; SANTOS, W. L. P.; CARNEIRO, M. H. S. História da Ciência no Estudo de Modelos Atômicos em Livros Didáticos de Química e Concepções de Ciência. **Química Nova na Escola**, [S.L.], v. 36, n. 4, p. 269-279, fev. 2014. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20140032>. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc36_4/05-HQ-176-12.pdf. Acesso em: 30 dez. 2020.

CHEPTULIN, A. **A dialética materialista**: categorias e leis da dialética. São Paulo: Editora Alfa-Omega, 1982.

DÍAZ, O. O.; CANALES, C.; ABOITES, V. Teoría atómica y realismo científico. **Revista Mexicana de Física**, [S.L.], v. 65, n. 1-, p. 84-100, jan. 2019. Sociedad Mexicana de Física A C. <http://dx.doi.org/10.31349/revmexfise.65.84>.

DÍAZ, O. O. Octavio José Obregón Díaz. Disponível em:
https://es.wikipedia.org/wiki/Octavio_Jos%C3%A9_Obreg%C3%B3n_D%C3%ADaz.
 Acesso em: 24 fev. 2023.

DUARTE, N. A importância da concepção de mundo para a educação escolar: porque a pedagogia histórico-crítica não endossa o silêncio de Wittgenstein. **Germinal: Marxismo e Educação em Debate**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 8, 2015. <http://dx.doi.org/10.9771/gmed.v7i1.12808>. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/revistagerminal/article/view/12808>. Acesso em: 27 jul. 2023.

DUARTE, N. O Ensino de Ciências e o acirramento da luta ideológica. **Simbio-Logias**, Botucatu, v. 12, n. 17, p. 17-32, nov. 2020. Disponível em: https://www.ibb.unesp.br/Home/ensino/departamentos/educacao/o_ensino_de_ciencias_e_o_acirramento.pdf. Acesso em: 27 jul. 2023.

ENGELS, F. **Anti-Dühring**: a revolução da ciência segundo o senhor Eugen Dühring. São Paulo: Boitempo, 2015.

ENGELS, F. **Dialética da natureza**. São Paulo: Boitempo, 2020.

FATALIEV, K. **O materialismo dialético e as ciências da natureza**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1966.

GALVÃO, A.; LAVOURA, T. N.; MARTINS, L. M. **Fundamentos da didática histórico-crítica**. Campinas, SP: Autores Associados, 2019.

GASPARIN, J. L. **Uma didática para a pedagogia histórico-crítica**. 5. ed. rev. Campinas: Autores Associados, 2012.

HOBBSBAWM, E. **A era das revoluções**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2007.

KEDROV, B. M. Dalton's Atomic Theory and Its Philosophical Significance. **Philosophy And Phenomenological Research**, [S.L.], v. 9, n. 4, p. 644, jun. 1949. JSTOR. <http://dx.doi.org/10.2307/2103296>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2103296>. Acesso em: 06 ago. 2023.

KRAGH, H. The First Subatomic Explanations of the Periodic System. **Foundations Of Chemistry**, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 129-143, 2001. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1023/a:1011448410646>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1011448410646>. Acesso em: 06 ago. 2023.

KUENZER, A. Z. Sistema educacional e a formação de trabalhadores: a desqualificação do Ensino Médio Flexível. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, p. 57-66, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232020251.28982019>

LAVOURA, T. N. uma face contemporânea da barbárie: a bncc e a ofensiva do capital na devastação da educação pública. **Revista Fluminense de Educação Física**, v. 2, n. 01, 2021.

LABARCA, M.; BEJARANO, N.; EICHLER, M. L. Química e filosofia: rumo a uma frutífera colaboração. **Química Nova**, [S.L.], v. 36, n. 8, p. 1256-1266, 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422013000800027>.

LEMES, A. F. G.; PORTO, P. A. Introdução à filosofia da química: uma revisão bibliográfica das questões mais discutidas na área e sua importância para o ensino de química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. L.], v. 13, n. 3, p. 121-147, mar. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4274/2839>. Acesso em: 04 jan. 2021.

LÉNINE, V. I. **Materialismo e empiriocriticismo**. Editorial “Avante!”, Lisboa, 1982.

MASSI, L. *et al.* Incorporação da Pedagogia Histórico-Crítica na Educação em Ciências: uma análise crítica dialética de uma revisão bibliográfica sistemática. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S.L.], v. 24, n. 2, p. 212-255, 28 ago. 2019. Investigações em Ensino de Ciências (IENCI). Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/1378/pdf>. Acesso em: 04 jan. 2021.

MARSIGLIA, A. C. G. *et al.* A Base Nacional Comum Curricular: um novo episódio de esvaziamento da escola no Brasil. **Germinal: Marxismo e Educação em Debate**, Salvador, v. 9, n. 1, p. 107-121, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/revistagerminal/article/view/21835/14343>. Acesso em: 27 dez. 2022.

MARTINS, L. M.; LAVOURA, T. N.. Materialismo histórico-dialético: contributos para a investigação em educação. **Educar em Revista**, [S.L.], v. 34, n. 71, p. 223-239, out. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0104-4060.59428>.

MARX, K. **O capital**. Boitempo, São Paulo, 2013.

MARX, K. **Teses sobre Feuerbach**. 1845. Disponível em: <https://www.marxists.org/portugues/marx/1845/tesfeuer.htm>. Acesso em: 21 jul. 2023.

MATTHEWS, M. R. **Science Teaching**: The Contribution of History and Philosophy of Science Education. 2 nd ed. New York: Routledge, 2015, 478 p.

MESSEDER NETO, H. S. Ensino da química na Pedagogia Histórico-Crítica: considerações sobre conteúdo e forma para pensarmos o trabalho pedagógico concreto. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S.L.], v. 27, n. 2, p. 271-293, 10 set. 2022. <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n2p271>. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/2891>. Acesso em: 27 jul. 2023.

MESSEDER NETO, H.; TEIXEIRA, L. A.; COLTURATO, A. A categoria trabalho como mediadora entre a transformação e a prática social no Ensino de Química: entrevista com Hélio Messeder Neto. In: TEIXEIRA, L. A.; MASSI, L. (org.). **O papel do conhecimento científico na formação da concepção dos estudantes: desafios da pesquisa em ensino de ciências e de sociologia no brasil**. S. L.: Lutas Anticapital, 2022. p. 7-269. Disponível em: <https://lutasanticapital.com.br/collections/ebooks/products/pdf-o-papel-do-conhecime>

nto-cientifico-na-formacao-da-concepcao-de-mundo-dos-estudantes-desafios-da-pesquisa-em-ensino-de-ciencias-e-de-sociologia-no-brasil. Acesso em: 28 jul. 2023.

MELO, M. R. **Estrutura atômica e ligações químicas**: uma abordagem para o ensino médio. 2002. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2002.

MORTIMER, E. F. A evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário. **Em aberto**, Brasília, v. 7, n. 40, p. 25-41, out/dez 1988.

MORTIMER, E. F. Concepções atomistas dos estudantes. **Química Nova na Escola**, [S. L.], v. 1, n. 1, p. 23-26, maio 1995. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc01/aluno.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2021.

NYE, M. J. The nineteenth-century atomic debates and the dilemma of an 'indifferent hypothesis'. **Studies In History And Philosophy Of Science Part A**, [S.L.], v. 7, n. 3, p. 245-268, 1976. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0039-3681\(76\)90007-8](http://dx.doi.org/10.1016/0039-3681(76)90007-8). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0039368176900078>. Acesso em: 06 ago. 2023.

OVTCHINNIKOV, N. A materialidade do mundo e as leis de seu desenvolvimento. In: TCHERTKOV, V.P.; MOLODTSOV, V.S.; TROCHIN, D.M.; MOROZ, K. V.; KALOCHIN, F. I.; OVTCHINNIKOV, N. F.; BELOV, P. T.; GAIDUKOV, I.G.; LEONOV, M.A. **Materialismo dialético**. Rio de Janeiro: Vitória, 1955. 783 p.

PATTERSON, G. D. Les Atomes: a landmark book in chemistry. **Foundations Of Chemistry**, [S.L.], v. 12, n. 3, p. 223-233, 30 out. 2010. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10698-010-9098-1>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10698-010-9098-1>. Acesso em: 06 ago. 2023.

PESSOA, F. **O guardador de rebanhos e outros poemas**. São Paulo: Cultrix, 1989. Seleção e introdução de Massaud Moisés.

PRADO, K. F. **Livros didáticos e concepções de professores**: a história da ciência no Ensino de equilíbrio químico. 2016. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação, Programa de Pós-Graduação em Educação Para A Ciência, Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho", Bauru, 2016.

RAMBERG, P. J. Pragmatism, Belief, and Reduction: Stereoformulas and Atomic Models in Early Stereochemistry. **HYLE**. v. 6, n. 1, p. 35-61, 2000. Disponível em: <https://www.hyle.org/journal/issues/6/ramberg.pdf> . Acesso em: 23 jan. 2023.

RAMBERG, P. J. **Welcome**. Disponível em: <https://ramberg.sites.truman.edu/>. Acesso em: 24 fev. 2023.

RIBEIRO, M. A. P. **Integração da filosofia da química no currículo de formação inicial de professores**: contributos para uma filosofia do ensino. 2014. 390 f. Tese (Doutorado) - Curso de Desenvolvimento Curricular, Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/12152> . Acesso em: 23 jan. 2023.

RIBEIRO, M. A. P. Panorama histórico da relação entre Filosofia e Química. **Educação Química En Punto de Vista**, [S.L.], v. 1, n. 2, p. 21-41, 30 dez. 2017. Educação Química en Punto de Vista. <http://dx.doi.org/10.30705/eqpv.v1i2.977>.

ROCKE, A. J. Atoms and Equivalents: the early development of the chemical atomic theory. **Historical Studies In The Physical Sciences**, [S.L.], v. 9, p. 225-263, 1 jan. 1978. University of California Press. <http://dx.doi.org/10.2307/27757379>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/27757379>. Acesso em: 06 ago. 2023.

ROSA, J. M. **A apropriação dos princípios fundamentais da teoria da evolução e os alcances abstrativos da concepção de mundo**. 2018. 256 f. Tese (Doutorado em Educação Escolar) - Faculdade de Ciências e Letras - Unesp/Araraquara, Araraquara - SP, 2018. Disponível em: http://www.fclar.unesp.br/agenda-pos/educacao_escolar/4737.pdf. Acesso em: 04 jan. 2021.

SANTOS, V. F. D.; MESSEDER NETO, H. S. O que queremos ensinar é mesmo clássico? Veredas para pensar a seleção de conteúdos na pedagogia histórico crítica. **Revista HISTEDBR Online**, Campinas, SP, v. 23, p. 1-22, 2023. DOI: 10.20396/rho.v23i00.8666647. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/histedbr/article/view/8666647>. Acesso em: 27 jul. 2023.

SANTOS, V. F. D. **Entre o boto e a rosa do clássico**: análise histórico-crítica do movimento dos conteúdos nos livros didáticos de química. 2020. 293 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/32562/1/Disserta%c3%a7%c3%a3oVictorFerreira_Vers%c3%a3oFinal.pdf. Acesso em: 29 jul. 2023.

SAVIANI, D. **Pedagogia histórico-crítica**: primeiras aproximações. 11. ed. rev. Campinas, SP: Autores Associados, 2011.

SCERRI, E. **Collected papers on philosophy of chemistry**. London: Imperial College Press, 2008.

SHAHBAZIAN, S. Letter to the editor: are there “really” atoms in molecules?. **Foundations Of Chemistry**, [S.L.], v. 16, n. 1, p. 77-84, 10 mar. 2013. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10698-013-9187-z>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10698-013-9187-z>. Acesso em: 06 ago. 2023.

SCHINAIDER, J.; KRAUSE, D.. Indiscernibilidade e identidade em química: aspectos filosóficos e formais. **Manuscrito**, [S.L.], v. 37, n. 1, p. 113-160, jun. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-60452014000100004>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/man/a/BwBdpZKs9J5G7Ks4XscV4yL/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 06 ago. 2023.

SCHUMMER, J. The philosophy of chemistry: from infancy toward maturity. In: BAIRD, D; SCERRI, E; MCINTYRE, L. **Philosophy of chemistry**: synthesis of a new discipline. Dordrecht: Springer, 2006. p. 3-362.

SCHUMMER, J. The Preference of Models over Laws of Nature in Chemistry. **European Review**, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 87-101, mai. 2014. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s1062798713000781>.

SILVA, L. B. et al. A Filosofia Da Ciência E A Filosofia Da Química: uma perspectiva contemporânea. **Revista Ideação**, [S.L.], p. 392-423, 5 mar. 2018. Universidade Estadual de Feira de Santana. <http://dx.doi.org/10.13102/ideac.v0i0.3020>.

USSELMAN, M. C.; BROWN, T. A. Atomic Theory and Multiple Combining Proportions: the search for whole number ratios. **Annals Of Science**, [S.L.], v. 72, n. 2, p. 153-169, 31 mar. 2015. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00033790.2015.1007522>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00033790.2015.1007522>. Acesso em: 06 ago. 2023.

USSELMAN, M. C.; LEAIST, D. G.; WATSON, K. D. Dalton's Disputed Nitric Oxide Experiments and the Origins of his Atomic Theory. **Chemphyschem**, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 106-110, 11 jan. 2008. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/cphc.200700707>. Disponível em: <https://chemistry-europe.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/cphc.200700707>. Acesso em: 06 ago. 2023.

VALERO, R. *et al.* Análise marxista de elementos da concepção de ciência nos principais filósofos abordados na Educação em Ciências: aspectos ontológicos e epistemológicos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S.L.], v. 39, n. 3, p. 828-858, dez. 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/86571/52151>. Acesso em: 24 fev. 2023.

VIANA, H. E. B.; PORTO, P. A. O processo de elaboração da teoria atômica de John Dalton. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 7, p. 4-12, dez. 2007. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/07/a03.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2022.

VIDAL, B. **História da química**. Lisboa: Edições 70, 1986.

VIHALEMM, R. Theoretical Philosophy and Philosophy of Science in the Soviet Times: some remarks on the example of estonia, 1960-1990. **Studia Philosophica Estonica**, [S.L.], p. 195-227, 11 mar. 2016. University of Tartu. <http://dx.doi.org/10.12697/spe.2015.8.2.10>. Disponível em: <https://ojs.utlib.ee/index.php/spe/article/view/14380>. Acesso em: 12 nov. 2023.