

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Ciências - Câmpus de Bauru

Lucas Nakamura Stachowski

**As cadeias produtivas do lítio e do cobre como prática social na Educação em
Química**

Bauru - SP
2026

Lucas Nakamura Stachowski

As cadeias produtivas do lítio e do cobre como prática social na Educação em Química

Dissertação de Mestrado Acadêmico
apresentado à Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Educação para a Ciência.

Orientadora: Profa. Dra. Luciana Massi

Bauru - SP

2026

FICHA CATALOGRÁFICA

Stachowski, Lucas Nakamura.

As cadeias produtivas do lítio e do cobre como
prática social na Educação em Química / Lucas Nakamura
Stachowski. - Bauru, 2026

90 f. : il.

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

1. Educação. 2. Pedagogia Crítica. 3. Metais. 4.
Eletroquímica. I. Universidade Estadual Paulista.
Faculdade de Ciências. II. Título.

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

Aos 02 de março de 2026, às 14h, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de LUCAS NAKAMURA STACHOWSKI, intitulada "As cadeias produtivas do lítio e do cobre como prática social na Educação em Química". A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Profa. Assoc. LUCIANA MASSI (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Educação / UNESP / Câmpus de Araraquara - FCLAr, Profa. Dra. LETÍCIA DOS SANTOS PEREIRA (Participação Virtual) do(a) Departamento de Química Geral e Inorgânica / Universidade Federal da Bahia, Prof. Dr. RAFAEL MOREIRA SIQUEIRA (Participação Virtual) do(a) Departamento de Química Geral e Inorgânica / Universidade Federal da Bahia, Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: _ _ _ _ aprovado _ _ _ . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Documento assinado digitalmente
 LUCIANA MASSI
Data: 06/03/2026 13:56:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Assoc. LUCIANA MASSI

As cadeias produtivas do lítio e do cobre como prática social na Educação em Química

Dissertação de Mestrado Acadêmico apresentado à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência.

Bauru, 02 de março de 2026

Banca examinadora

Documento assinado digitalmente
 **LUCIANA MASSI**
Data: 30/04/2026 16:19:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Luciana Massi

Documento assinado digitalmente
 **LETICIA DOS SANTOS PEREIRA**
Data: 23/04/2026 22:54:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Letícia Dos Santos Pereira

Documento assinado digitalmente
 **RAFAEL MOREIRA SIQUEIRA**
Data: 23/04/2026 16:37:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rafael Moreira Siqueira

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à minha família, em especial meus pais, Alex e Cristina, que independente das dificuldades no decorrer desse trajeto sempre me ofereceram as melhores possibilidades de desenvolvimento em cada momento de minha vida.

À minha orientadora Prof.^a Dr.^a Luciana Massi, por me orientar e auxiliar nessa difícil trajetória de compreender a área de Educação em Ciências, em especial a Educação em Química, em uma concepção humanizante e revolucionária.

Aos membros titulares da banca, Prof.^a Dr.^a Letícia dos Santos Pereira e Prof. Dr. Rafael Moreira Siqueira, por dedicarem-se à leitura da dissertação e por ajudarem nos caminhos deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas de grupo de pesquisa da Prof.^a Dr.^a Luciana Massi, por todas as conversas e trocas de conhecimentos nesse trajeto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo financiamento da pesquisa.

RESUMO

O ensino de história e cultura afro-brasileira, africana e indígena, instituído conforme leis 10.639/03 e 10.645/08 ainda é pouco presente nas escolas da Educação Básica, bem como em pesquisas e eventos científicos de Educação em Química (EQ). Atualmente, há uma preocupação em como temas emergentes e urgentes devem ser abordados na EQ, como a transição energética, em resposta às Mudanças Climáticas, a partir do armazenamento e da condução de energia elétrica. Esta pesquisa é de natureza teórico-conceitual e parte da Pedagogia Histórico-Crítica (PHC) e do Materialismo Histórico-Dialético (MHD) para compreender esta problemática como parte de uma prática social que, assentada no modo de produção vigente, o capitalismo, estrutura-se por relações coloniais e racistas. Desse modo, essa abordagem visa contribuir tanto discutir conceitos químicos envolvidos na transição energética, quanto para o ensino de história e cultura afro-brasileira, africana e indígena, tendo por objetivo sintetizar a prática social da produção de baterias considerando a cadeia produtiva dos metais e seu caráter capitalista, colonial e racial para o ensino de reações redox, a partir da análise do acervo bibliográfico pautada no MHD e na PHC. Para tanto, selecionou-se um conjunto de textos que formam um acervo bibliográfico para descrição e explicação da cadeia produtiva do lítio e do cobre, sendo interpretados a partir do referencial da PHC e do MHD, de modo a caracterizar a prática social envolvendo essas duas cadeias produtivas, a fim de discutir seus elementos constitutivos em relação ao caráter colonial e racista do capitalismo e em uma visão crítica da transição energética. Por fim, discutimos o funcionamento das cadeias produtivas do lítio, focando na produção de baterias íons-lítio, e do cobre, centrando-se nos fios e cabos; a situação de racismo ambiental vivenciada por populações locais próximas às áreas de mineração; as patentes como mecanismo de monopólio e controle na manutenção da propriedade privada; e a reciclagem transformada em mercadoria como parte integrante da indústria capitalista.

Palavras-chave: Educação; Pedagogia Crítica; Metais; Eletroquímica

ABSTRACT

The teaching of Afro-Brazilian, African, and Indigenous history and culture, established according to laws 10.639/03 and 10.645/08, is still underrepresented in basic education schools, as well as in research and scientific events in Chemistry Education. Currently, there is concern about how emerging and urgent themes that should be involved in Chemistry Education, such as the energy transition in response to climate change, from the perspective of energy storage and conduction, can be addressed. This research is theoretical and conceptual in nature and draws on Historical-Critical Pedagogy (HCP) and Historical-Dialectical Materialism (HDM) to understand this problem as part of a social practice that, based on the current mode of production, capitalism, is structured by colonial and racist relations. Thus, this approach aims to contribute both to the discussion of chemical concepts involved in the energy transition and to the teaching of Afro-Brazilian, African, and Indigenous history and culture. Its objective is to synthesize the social practice of battery production, considering the metal production chain and its capitalist, colonial, and racial character, for the teaching of redox reactions. This is based on an analysis of bibliographic sources grounded in the MHD (Methodology of History and Development) and PHC (Post-Graphic History and Cultural History). To this end, a set of texts was selected to form a bibliographic collection for the description and explanation of the lithium and copper production chains. These texts were interpreted from the perspective of PHC and MHD, in order to characterize the social practice involving these two production chains. The goal is to discuss their constituent elements in relation to the colonial and racist character of capitalism and a critical view of the energy transition. Finally, we discuss the functioning of the lithium production chains, focusing on the production of lithium-ion batteries, and the copper production chains, focusing on wires and cables; and the situation of environmental racism experienced by populations near mining areas. Patents as a mechanism of monopoly and control in maintaining private property; and recycling transformed into commodities as an integral part of capitalist industry.

Keywords: Education; Critical Pedagogy; Metals; Electrochemistry

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	8
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Pedagogia Histórico-Crítica e Educação em Química histórico-crítica.....	14
1.2 Capitalismo, colonialismo e racismo: relações e problemas para a Educação em Química histórico-crítica.....	27
CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA E TEÓRICA.....	37
2.1 Procedimentos de coleta e análise dos dados.....	37
2.2 Noções de cadeia produtiva, modo de produção e relações sociais.....	38
2.3 A dialética singular-particular-universal para o entendimento da prática social.....	41
CAPÍTULO 3 - DA EXTRAÇÃO À LÓGICA MERCADOLÓGICA DA CADEIA PRODUTIVA DO LÍTIO E DO COBRE.....	45
3.1 Uma breve apresentação das características, propriedades e usos do lítio e cobre.	45
3.2 Descrição da cadeia de produção do lítio e do cobre: da matéria-prima à mercadoria..	47
3.3 Problematizações a partir da prática social envolvendo a cadeia de produção do lítio e cobre: do controle técnico-científico à exploração de povos indígenas e locais.....	58
3.4 Prática social e problematização da cadeia produtiva do cobre e do lítio: caminhos para a instrumentalização a partir dos conhecimentos químicos de reações redox.....	71
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

APRESENTAÇÃO

Esta pesquisa parte de uma preocupação em compreender as possibilidades emergentes de problemas atuais (conceituais e sociais) – como a crise ambiental e o racismo – para o ensino de conceitos químicos em uma perspectiva crítica e transformadora da sociedade. Para esclarecer como e porquê surgiu essa preocupação e sua relevância acadêmica, apresento minha trajetória e, em seguida, os desdobramentos para pensar a presente pesquisa.

Desde criança, tive contato com literatura e outras mídias de ficção científica, o que me levou à vontade de estudar Ciências da Natureza, em especial Química, porque um dos primeiros livros didáticos que tive contato, ainda no Ensino Fundamental, foi dessa disciplina. Ao longo da Educação Básica, conheci alguns professores críticos em disciplinas de Ciências Humanas, como História e Geografia, me levando a questões sobre como as sociedades se organizam, de que forma se estruturam as relações sociais e como isso poderia auxiliar a entender melhor as ciências, de modo geral.

Sejam as brincadeiras de escola quando na infância ou os momentos de estudo dos temas acima mencionados quando na adolescência, meu desejo de me tornar professor foi sendo moldado e se intensificando cada vez mais. A partir disso, foquei nos estudos para ingressar em uma universidade pública, visando a Universidade Estadual Paulista (Unesp) por ser a mais próxima a ter o curso de Licenciatura em Química. Assim, ingressei nesse curso em 2018, no Instituto de Química da Unesp de Araraquara. Foi com as disciplinas pedagógicas do curso que comecei um processo de quebrar a imagem idealizada da prática docente, em especial nas disciplinas ministradas pela Prof^a Dra^a Luciana Massi (Didática das Ciências e Metodologias para o Ensino de Ciências), também minha orientadora. O contato incipiente com o marxismo no Ensino Médio pode ter contribuído para minha aproximação com a Pedagogia Histórico-Crítica (PHC) e o Materialismo Histórico-Dialético (MHD) por meio dessas disciplinas na graduação. Também destaco o contato que tive com a noção de problema em *Educação: do senso comum à consciência filosófica*, de Dermeval Saviani (2000), conceito que conduziu-me a pensar questões sociais e suas relações com o Ensino de Química.

Todo esse processo de primeiro contato com a PHC me conduziu ao interesse de realizar Iniciação Científica (IC) com minha orientadora, intensificando

meus estudos com aprofundamento nesta teoria pedagógica. Realizei duas IC, começando com a continuidade do trabalho realizado por Ana Carolina Silva Sampaio¹, sobre a abordagem do cotidiano na prática social² em trabalhos da Educação em Química (EQ) que adotam a PHC como teoria pedagógica. Esse processo não foi fácil, em parte por se tratar de categorias filosóficas amplas, como a prática social, dificuldade que era comum à turma toda ao longo das disciplinas, e também por se tratar de uma teoria pedagógica que ainda não dominava. Esse trabalho de IC resultou na identificação do entendimento de prática social como um momento didático em sala de aula, com aproximações ao cotidiano como forma de contextualização, e não de uma categoria filosófica ampla enunciada por Saviani (Sampaio; 2022; Sampaio; Stachowski, 2022).

Essa problemática me levou ao interesse em compreender melhor essa categoria para a PHC e partir de Saviani para sistematizá-la, trabalho esse realizado como uma segunda IC em continuidade à primeira e que resultou em meu Trabalho de Conclusão de Curso, defendido em 2023. Esse processo de estudo ocorreu paralelamente a outra disciplina, envolvendo um trabalho de organização do ensino de um conceito químico a partir de uma teoria pedagógica, envolvendo relações étnico-raciais. Nesse processo, me aproximei de trabalhos envolvendo a Educação das Relações Étnico-Raciais (Erer), em especial do trabalho de Silva *et al.* (2017) e de Santos, Santos e Cabral (2022), que foram ponto de partida para pensar a temática do trabalho. Apesar de não ser o primeiro contato com a Erer, pois ocorreu nas disciplinas mencionadas anteriormente, foi nesta que tive de realizar a produção de uma proposta didática envolvendo Erer, algo que ainda não havia feito na graduação.

A partir da provocação do docente para que explorássemos questões étnico-raciais associadas ao agronegócio, escolhemos a temática do dendê. A partir dele realizamos um primeiro esforço de descrever uma prática social como ponto de partida para o ensino de conceitos químicos, neste caso, de Química Orgânica.

¹ O trabalho mencionado fez parte de uma Iniciação Científica realizada por ela e que culminou na publicação de seu Trabalho de Conclusão de Curso, em 2022, intitulado *Um levantamento bibliográfico sobre a abordagem do cotidiano na prática social em pesquisas em Educação Química que adotam a Pedagogia Histórico-Crítica*.

² Trago uma breve explicação desta categoria, ela será melhor desenvolvida e explicada em outro capítulo. De modo geral, a prática social é uma categoria filosófica ampla da PHC que designa um conjunto de produções do trabalho historicamente produzidas e socialmente acumuladas, de modo que seja possível sua incorporação pelo indivíduo para realização de atividades em coletivo (como a ciência, a arte e a filosofia).

Realizei um estudo que tentasse contribuir para a abordagem das relações étnico-raciais em perspectiva histórico-crítica a partir da prática social. Ele culminou na publicação, escrita em co-autoria com minha orientadora e o professor da disciplina, nos anais do XXII Encontro Nacional de Ensino de Química (Eneq). Esse trabalho resulta de um estudo dos avanços e invasões territoriais de latifundiários em terras indígenas do nordeste paraense por meio do plantio de palma, palmeira essa que pode ser extraído o azeite de dendê, sendo realizado com a exploração da região e com promoção de discursos de sustentabilidade e geração de empregos, contudo, o que ocorre é degradação e racismo ambientais (Stachowski *et al.*, 2024).

Em um segundo momento, continuando o processo de estudo coletivo sobre Erer nos deparamos com o trabalho de Magalhães (2023), em perspectiva anticolonial, antirracista e anticapitalista, na defesa de uma educação histórico-crítica pautada nos princípios defendidos pelo autor, entendendo a dinâmica de exploração do capital estruturada pelo racismo e colonialismo. Esse estudo culminou com outra publicação coletiva e, em partes derivada da anterior, em que apontamos aspectos gerais que relacionam a EQ e a Erer a partir da PHC, discutindo a concepção de ciência e seu papel no entendimento da realidade, compreendendo que a ciência química não se limita ao conceito científico isolado, mas em sua materialidade na prática social (Mendes *et al.*, 2025). No caso do ouro, exemplo que abordamos no artigo a partir de Messeder Neto, Sá e Brito (2022), não se trata apenas de memorizar seu símbolo (Au), localização na tabela periódica, propriedades e características, ou mesmo sua classificação como metal. Trata-se, na verdade, de compreender que este elemento forma um material metálico explorado de forma predatória no meio ambiente e cujas consequências são a destruição ambiental e sufocamento de terras indígenas (TI), colocando em risco a vida das populações originárias, como no caso da etnia Yanomami (Mendes *et al.*, 2025).

Ao mesmo tempo em que esse trabalho se desenvolveu, realizei o estágio-docência pelo programa na mesma disciplina em que produzi inicialmente o trabalho sobre o dendê, processo pelo qual passei a ler outros trabalhos envolvendo as relações étnico-raciais de modo geral e, em particular, na EQ, e pude ministrar duas aulas como estagiário sobre o tema. Destaco aqui, o trabalho de Pinheiro (2020) e Alvino *et al.* (2021). O primeiro reflete a deslegitimação dos conhecimentos produzidos por povos africanos antes mesmo da civilização grega, tomada como

referência para o surgimento da filosofia ocidental. O segundo trabalho reflete a apropriação de conhecimentos de metalurgia de povos africanos, com destaque para a tecnologia de fornos, sobretudo na metalurgia do ferro, durante o Brasil Colônia e que se estabeleceu como pilar da mineração neste período. Esses processos, junto ao caso do dendê, são exemplos de como a prática social de nosso tempo está assentada na universalização do capital e, historicamente, se estruturou como racista e colonial.

As relações entre a manutenção do capitalismo e sua estruturação por meio do racismo e colonialismo é o que me levou a algumas questões e caminhos para pensar a pesquisa no mestrado, dentre as possibilidades, destaco uma que é mais geral e não será respondida nesta pesquisa: *quais conceitos químicos são necessários para compreender a prática social atual, em que o racismo e o colonialismo estruturam a produção do conhecimento científico e as manifestações do capital?* Esta questão é muito abrangente, por isso, foi necessário realizar um movimento de pensar quais manifestações da matéria cristalizam as relações entre racismo, colonialismo e capitalismo no seio da prática social e que envolvem os conhecimentos químicos.

Nesse processo de procura por materiais que poderiam cristalizar tais relações, participei de um grupo de estudos de nosso grupo de pesquisa envolvendo História e Historiografia da Química. As discussões desenvolveram-se a partir de diferentes textos, dos quais destaco o de Klein e Lefèvre (2007). Neste texto, os autores trabalham com a noção de material como cristalização da cultura em um determinado tempo e espaço, atribuindo o conhecimento sobre a matéria (o que inclui a ciência Química) um papel decisivo na produção da cultura. Pensamos, então, em partir das primeiras atividades humanas na história para pensar os materiais que primeiro foram utilizados e se tornaram essenciais para a cultura ao longo da história humana, dentre elas, destaca-se a metalurgia com o uso dos metais (Beretta, 2022). Esse material era utilizado em diversas outras atividades, compreendendo a produção de jóias, pigmentos, tintas, armas, utensílios domésticos, etc., destacando-se o ouro, a prata, o cobre, o mercúrio, o chumbo, o estanho e o ferro como metais mais usados (Alfonso-Goldfarb *et al.*, 2016).

Compreendendo a importância dos metais para a humanidade em sua histórica produção da cultura, parte-se da hipótese de que estes são materiais necessários às atividades humanas realizadas hoje, que produzem o mundo

material em que vivemos, entendidos na classe de matéria-prima crítica (Rowan, 2024)³. A atividade mineradora garante a extração desses metais para que seu uso seja possível nas demais atividades que o utilizam como matéria-prima, como na extração e tratamento de hematita que produz ferro para uso industrial, por exemplo, ou mesmo na extração de lítio para produção de baterias íons-lítio (Rowan, 2024). Os metais, neste último caso, demarcam não somente como a humanidade desenvolveu suas formas de obtenção de energia elétrica, como também os processos de condução e armazenamento dessa energia em fontes móveis (baterias) (Messeder Neto, 2022).

Tais atividades não são isoladas de uma lógica colonial, por exemplo, a produção das baterias de íons-lítio e de equipamentos eletrônicos que as utilizam são realizados no centro capitalista (EUA, Europa, Japão, etc.), enquanto a produção de sua matéria-prima, como o lítio, na periferia do capital (neste caso particular, destacam-se Argentina, Bolívia e Chile), além do descarte dos resíduos consequentes de seu uso também serem feitos na periferia (sobretudo no continente africano e no sudeste asiático). Nesse sentido, há uma face do racismo que ainda é pouco explorada em trabalhos que envolvem as relações étnico-raciais: as implicações dos avanços das Ciências Naturais e de suas tecnologias na sociedade com o racismo (Verrangia; Silva, 2010). Além disso, ainda há uma lacuna na formação de professores sobre materiais e trabalhos que abordem essa temática durante seu processo de formação, o que afeta na materialização de uma educação antirracista e anticolonial nas escolas brasileiras (Silva; Almeida; Lima, 2025). Visando contribuir com essas lacunas e inquietações, a preocupação inicial desta pesquisa é moldada para *quais conceitos químicos são necessários para compreender a exploração mineral como atividade produtiva integrante à prática social atual, em que o racismo e o colonialismo estruturam as manifestações do capital para contribuir para a Educação em Química histórico-crítica?*

Essa questão de partida se desdobra, então, no interesse em realizar a presente pesquisa, tendo por base relações entre racismo, colonialismo e capitalismo que podem ser pensadas a partir dos exemplos explorados ainda neste capítulo.

³ Trataremos da definição desse conceito e de sua compreensão nas dimensões econômicas e sociais no capítulo seguinte. De modo geral, refere-se ao conjunto de materiais necessários às atividades econômicas que mantêm o funcionamento de uma economia.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Esta seção trata da temática da pesquisa que discorre sobre os metais como objeto para a Educação em Química Histórico-Crítica Anticolonial e Antirracista, com uma discussão da problemática socioambiental. Elencamos os elementos da pesquisa, como objeto e objetivos, nesta seção.

A história e cultura africana, afro-brasileira e indígena torna-se um objeto do processo de ensino a partir das leis 10.639 e 11.645, de 2003 e 2008, respectivamente, que alteram a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), por meio da luta do Movimento Negro e Indígena desde a década de 1990. A instituição dessas leis promove, também pelo Movimento Negro, a produção das orientações curriculares para esse objeto de ensino como Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação das Relações Étnico-Raciais e para o Ensino de História e Cultura Afro-brasileira e Africana por meio do Parecer CNE/CP nº. 3 de 2004 (Brasil, 2004). Apesar de sua presença instituída na legislação brasileira, ainda é pouco concretizada, tanto no processo de ensino nas unidades escolares brasileiras quanto em pesquisas da área de Educação em Ciências (EC) em geral, e em particular, da Educação em Química (EQ).

Na Educação Básica, as secretarias da educação que fornecem pouca ou nenhuma ação para o ensino de história e cultura afro-brasileira e africana somam 71% do total (Benedito; Carneiro; Portella, 2023). Segundo o Instituto Alana (2024), o Diagnóstico Equidade 2024 revelou dados sobre o panorama da implementação da lei 11.645/08, dos quais destacamos um: apenas 20,4% dos municípios brasileiros apresentam ações formativas voltadas às relações étnico-raciais. Na área de EC, os trabalhos apresentados no Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (Enpec), no período de 2010 a 2020, apenas 0,5% abordam as relações étnico-raciais como tema, sendo 34 trabalhos de 6.110 no total (Silva; Prudêncio, 2023).

Dos trabalhos presentes na área de EQ, segundo Mendes *et al.* (2025), há dois movimentos que podem ser notados. Um primeiro movimento é a aproximação do período da escravização de povos africanos no Brasil, relacionando-o a alguns conceitos químicos, como propriedades de metais preciosos por meio do garimpo (Benite *et al.*, 2017) ou sobre a fermentação e a destilação para obtenção de álcool a partir da cana-de-açúcar (Gonzaga; Santander; Regiani, 2019). Um segundo

movimento é uma aproximação de conceitos científicos com a valorização da história e cultura afro-brasileira e africana, como a palma da qual se extrai o óleo de dendê para diferentes atividades culturais (Silva *et al.*, 2017) ou o caso do alisamento do cabelo afro (Magalhães; Nascimento; Massi, 2017). Essas abordagens também se estendem aos trabalhos sobre história e cultura indígena, como no caso da aproximação entre reações orgânicas e a transformação da curcumina na tecelagem Huni Kuin, como forma de valorização dos conhecimentos tradicionais indígenas (Silva *et al.*, 2016). As aproximações realizadas são superficiais entre o conteúdo abordado e a história e cultura afro-brasileira, africana e indígena. Além disso, esses trabalhos não adotam uma teoria pedagógica em específico, havendo certa heterodoxia de abordagens como o multiculturalismo e CTS/CTSA (Magalhães, 2023).

Dessa forma, apesar das contribuições para a abordagem da história e cultura afro-brasileira, africana e indígena na EC em geral, e na EQ em particular, a não adoção clara de uma teoria pedagógica crítica à forma como se estrutura a sociedade atual, capitalista, colonialista e racista, pode travar o avanço das discussões para um movimento de transformação social. Nesse sentido, convergimos com Magalhães (2023) ao entender a proposição anticapitalista, anticolonial e antirracista a partir da Pedagogia Histórico-Crítica.

1.1 Pedagogia Histórico-Crítica e Educação em Química histórico-crítica

Essa teoria pedagógica desenvolve-se a partir do final da década de 1970 e início da década de 1980 com os trabalhos de Dermeval Saviani, tendo seu início marcado pela publicação da tese de Carlos Roberto Jamil Cury, posteriormente na forma de livro intitulado *Educação e Contradição: elementos metodológicos para uma teoria crítica do fenômeno educativo* (Saviani, 2011). Para a PHC, o fenômeno educativo não se dissocia do fenômeno político, sendo o processo de ensino-aprendizagem uma contradição: ao mesmo passo que é de caráter popular, representando a classe proletária, há movimentos de hegemonização da classe dominante presentes nas instituições educativas (Saviani, 2000). Um exemplo dessa contradição é a promulgação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), em que as orientações curriculares contidas no documento, apesar de pretenderem uma abrangência transversal de temas, sua composição curricular é vazia de conteúdo,

baseando-se em competências e habilidades presentes na pedagogia de Philippe Perrenoud (Lavoura, 2021).

É uma contradição porque, por um lado, a BNCC considera o estudante empírico, isto é, trata-se de um “[...] indivíduo imediatamente observável, tem determinadas sensações, desejos e aspirações que correspondem à sua situação empírica imediata” (Saviani, 2019, p. 186). Contudo, por outro lado, os interesses das camadas populares alinham-se à atividade política de transformação da sociedade em que são explorados, trata-se do estudante concreto, isso significa que “[...] seu interesse coincide com a apropriação das objetivações humanas, isto é, o conjunto dos instrumentos materiais e culturais produzidos pela humanidade e incorporados à forma social de que a criança participa” (Saviani, 2019, p. 186). Para essa teoria pedagógica, portanto, a educação deve promover a elevação da consciência sobre a realidade material em que se insere para transformá-la, de modo que se torne um ser genérico.

Ressalta-se aqui a importância do entendimento de ser genérico. Partindo-se da concepção de ser humano presente no MHD, o ser humano realiza trabalho na intencionalidade de produzir um objeto que satisfaça suas necessidades, estas impostas pelo seu meio de existência, seja natural, seja sócio-cultural (Saviani, 2000, 2019; Duarte, 2013). Nesse processo produtivo, a necessidade impõe-se ao ser humano e este projeta em sua mente a ideia do objeto a ser produzido, externando-o, em outros termos, trata-se do processo de objetivação (Duarte, 2013). Esse objeto externalizado é incorporado pelo processo de trabalho, sendo tomado como instrumento de transformação da realidade material, ou seja, é um processo de apropriação do objeto (Duarte, 2013), de modo que tal incorporação funcione como uma segunda natureza, uma extensão de seu corpo (Saviani, 2011). Segundo Duarte (2013), o fenômeno de objetivação-apropriação é uma unidade dialética, isto é, permite que uma produção do trabalho humano objetivada seja apropriada por gerações posteriores por mediação do trabalho educativo. Desse modo, toda objetivação é genérica e a dialética entre objetivação e apropriação, mediada pelo processo educativo, permite a relação consciente da individualidade do sujeito com a totalidade das produções humanas na história (genericidade) (Duarte, 2013).

Como defende Saviani (2019, p. 99), “os seres humanos, para se constituírem como tais, necessitam de se apropriar das objetivações humanas produzidas ao longo da história por aqueles que os antecederam”, logo, para

transformar a realidade material é necessário conhecê-la. Esse movimento parte da prática social, como uma

totalidade objetivamente estruturada, dinâmica e de caráter não indiferenciado, constituída por elementos com distintos níveis de interrelação. Produzida historicamente pelas diversas formas de atividade do ser humano - sendo o trabalho a forma ontológico-primária - em cada um dos modos de produção da vida situados concretamente, condensa um amplo e complexificado acervo de objetivações humano-genéricas altamente diferenciadas, dentre elas a ciência, a arte e a filosofia (Marsiglia; Lavoura, 2021, p. 190).

A prática social não somente é o ponto de partida como de chegada, para Saviani (2021), essa dialética da prática social posiciona a educação como mediação em seu interior, ou seja, não se trata de pensar os conteúdos das diferentes disciplinas separados da realidade material, mas como uma unidade dialética, sem os quais não é possível compreendê-la em sua totalidade. Nesse sentido, o método histórico-crítico compõe-se tanto da prática social como ponto de partida e chegada, como de seu processo mediador, compreendido em três momentos intermediários do processo educativo: a problematização, a instrumentalização e a catarse.

Se a prática social é síntese de múltiplas determinações da realidade material em que o ser humano está inserido, o condicionamento dos meios de sua existência – isto é, suas determinações de tempo e espaço – impõem necessidades a serem satisfeitas para a continuidade de sua existência e a produção da cultura (Saviani, 2000). Tal processo, como aponta o autor, conduz o ser humano a compreender a situação em que se insere como problemática, entendendo problema aqui como “tanto a conscientização de uma situação de necessidade (aspecto subjetivo) como uma situação conscientizadora da necessidade (aspecto objetivo)” (Saviani, 2000, p. 15). Isso significa que o sujeito concretamente situado na prática social, está inserido em uma situação problemática na medida em que ele se reconhece nessa situação como também a situação impõe a ele a necessidade a ser satisfeita. As necessidades, como discutido anteriormente, são satisfeitas pelo processo de trabalho ao produzir um objeto com essa função e, por ser uma objetivação genérica, pode ser apropriado pelas gerações posteriores, o que necessariamente implica um processo educativo (Saviani, 2000).

Desse ponto de vista, o processo educativo assegura a possibilidade de acesso aos instrumentos teóricos e práticos produzidos pelo processo de trabalho, podendo ser apropriados em via de objetivar novas produções para satisfação de novas necessidades impostas pelos meios de existência humana (Saviani, 2000, 2011; Duarte, 2013). O processo de apropriação desses instrumentos requer reconhecê-los como parte integrante do sujeito, de sua individualidade, isto é, requer compreendê-los como segunda natureza, da qual os conhecimentos sistematizados (artísticos, científicos e filosóficos) participam e permitem solucionar as situações problemáticas, satisfazendo as necessidades humanas (Saviani, 2011; Duarte, 2013). Essa incorporação dos conhecimentos sistematizados como segunda natureza à individualidade estabelecida conscientemente com a genericidade humana é um processo catártico (Saviani, 2011; Duarte, 2013).

Os momentos intermediários só possuem validade na e para a prática social, isto é, esta categoria é o critério de verdade para a PHC e, por isso, a educação é atividade mediadora na e para a prática social (Saviani, 2011). A prática social, portanto, não deve ser lida como uma etapa didática do processo de ensino-aprendizagem, mas como uma categoria filosófica ampla que permite condensar as atividades humanas determinadas em um tempo e espaço, situadas concretamente na história e nas diferentes culturas, pelas quais é possível extrair possíveis problemas a partir das necessidades historicamente situadas e que condicionam a humanidade a produzir determinados instrumentos para satisfazê-las (Galvão; Lavoura; Martins, 2019; Massi; Colturato; Teixeira, 2022). A exposição de como essa categoria será mobilizada na análise do objeto desta pesquisa será tratada detalhadamente no próximo capítulo.

A colocação da importância dos conhecimentos sistematizados no processo educativo não desloca para uma indiferenciação do currículo em relação aos saberes tradicionais produzidos por diferentes sociedades. Isso posiciona a discussão do currículo em torno de quais saberes permitem compreender a realidade material e as transformações históricas postas nela, possibilitando a organização da ação política coletiva na prática social, em suma, é a defesa de que os saberes elaborados sejam socializados para todos os indivíduos, é um processo de humanização (Saviani, 2011). Significa que os saberes tradicionais fazem parte da situação concreta vivenciada particularmente por um povo, mas que a educação pautada na PHC não se limita a eles, contribuindo para um processo educativo que

possibilite o sujeito formar-se como ser genérico. Tomemos um exemplo a partir de Magalhães (2023, p. 170), em que há contradições que se estabelece quando se considera os quilombos na sociedade de classes:

Isso não quer dizer que quilombos não desenvolveram conhecimento da realidade, mas, ainda assim, este era mais carente frente aos conhecimentos produzidos pela classe senhorial, simplesmente porque esta tinha a posse da base material — do dinheiro ao que havia de mais desenvolvido em termos de conhecimento. Além disso, cabe lembrar que a necessidade de manter sua liberdade movia o quilombo. Como era pelo trabalho que as condições de ser livre se realizavam para o quilombo, cada sobrevivente buscava extrair o possível da sua realidade para manter o quilombo vivo. A transformação da realidade na intenção de manter a comunidade viva movia o quilombo e, como, para tal, era preciso conhecimentos da realidade, a ela que a quilombola recorreria. Dava-se aí um processo de mediação da realidade, da prática social global — partindo dela, por ela e para retornar até ela e modificá-la segundo os seus interesses de classe. É, assim, um processo educativo histórico-crítico, no particular da educação não formal.

É nesse sentido de elevação da consciência da realidade material em que Saviani (2011) situa o debate do critério de seleção para os conteúdos escolares, que é o clássico. Para o autor, clássico é o essencial, funda-se nas noções de permanência e referência e, como a referência para a PHC é a prática social, extrai-se dela os conteúdos escolares que são essenciais para compreender o movimento histórico-social da humanidade, isto é, “[...] clássico é aquilo que resistiu ao tempo, tendo uma validade que extrapola o momento em que foi formulado” (Saviani; Duarte, 2012, p. 31). Como este aspecto é o que determina os conteúdos, o que permite compreender a prática social em sua totalidade são os conhecimentos sistematizados produzidos para conhecê-la e a partir disso modificá-la. Sendo assim, como alerta Saviani (2011, p. 67),

Elaboração do saber não é sinônimo de produção do saber. A produção do saber é social, ocorre no interior das relações sociais. A elaboração do saber implica expressar de forma elaborada o saber que surge da prática social. Essa expressão elaborada supõe o domínio dos instrumentos de elaboração e sistematização. Daí a importância da escola: se a escola não permite o acesso a esses instrumentos, os trabalhadores ficam bloqueados e impedidos de ascender ao nível da elaboração do saber, embora continuem, pela sua atividade prática real, a contribuir para a produção do saber. O saber sistematizado continua a ser propriedade privada a serviço do grupo dominante.

Não se trata, portanto, da negação dos saberes tradicionais, mas de possibilitar às camadas populares, compostas de povos tradicionais, indígenas, quilombolas, etc., de acessar os saberes elaborados (conhecimentos sistematizados) para compreender a prática social na qual estão inseridos para modificá-la em uma luta coletiva. Significa, então, desarticular da classe dominante os saberes elaborados produzidos historicamente como instrumento de modificação da realidade material e rearticulá-los aos interesses populares (Saviani, 2000). Isso inclui a pauta cultural/racial, tendo em vista que

Não podemos colocar a pauta cultural/racial como sendo exclusiva dos multiculturalistas porque cometemos o equívoco de fortalecer a negação de toda essa história marxista de luta anticolonial tal como vêm fazendo setores do grande capital na sua sanha anticomunista, bem como setores de esquerda – política e acadêmica. É nosso dever, enquanto marxistas e comunistas, não deixar a nossa história de lutas, inclusive as anticoloniais, ser apagada. Nosso legado teórico-prático movimentou o mundo porque tem seu nervo no conflito real. Não tomar este partido é se render ao antimarxismo, ainda que à moda desinteressada (Magalhães, 2023, p. 184).

Nesse sentido, Magalhães (2023) propõe três princípios para uma educação histórico-crítica antirracista e anticolonial para o trato com os conteúdos envolvendo a história africana e afro-brasileira. O primeiro refere-se à “dimensão histórico-sociológica dos sujeitos concretos do trabalho pedagógico em química” (Magalhães, 2023, p. 299). Segundo o autor, esse princípio destaca o sujeito do processo de ensino-aprendizagem, do estudante concreto, de seu lugar abstrato, compreendendo sua posição na prática social de acordo com os condicionantes histórico-sociais que o determinam. Descreveremos adiante, uma série de exemplos da hierarquia colonial e racista que compõe o capitalismo universalmente, isto é, países como os latino-americanos, africanos e asiáticos, estão postos na periferia do capitalismo, sendo dependentes do capital estrangeiro para o funcionamento do capitalismo exportador de *commodities*, o que inclui o Brasil. Enquanto os países de centro, como EUA, Europa, Austrália e Japão, possuem capital para exportar investimentos que tornam os países da periferia dependentes de seu capital, exportando seus produtos industrializados confeccionados com a matéria-prima oriunda da periferia capitalista.

Esse é um dos pontos de partida para o estudante concreto, incluindo não somente seu recorte de classe, mas também de raça, etnia, origem, sexualidade e de gênero, por exemplo. O conteúdo só se faz concreto se o destinatário dele

também o é, ou seja, compreendendo o estudante em abstrato, a relação entre ele e o conteúdo não pauta-se na prática social, uma vez que os recortes que compõem a classe trabalhadora não se reduzem à natureza de classe e está ordenada também por raça e etnia, por exemplo (Magalhães, 2023).

O segundo princípio, “a forma dupla do conteúdo de história e cultura afro-brasileira no ensino de química e o caráter reacionário da educação das relações étnico-raciais” (Magalhães, 2023, p. 299), em que debate sobre a forma como os conteúdos contraditoriamente em discussões na área, com um recorte para os conteúdos de história e cultura afro-brasileira e africana. Esse princípio está em acordo com o exposto a partir de Saviani (2011) sobre o processo de ensino reconhecer os saberes elaborados como objeto do ensino, sendo essa a centralidade do currículo, em contraposição ao defendido pelas correntes multiculturalistas de um currículo pautado na valorização dos conhecimentos tradicionais e na identidade cultural do povo, em via de uma educação das relações étnico-raciais positivo (Magalhães, 2023).

No início desta seção, demarcamos a orientação das produções sobre a história e cultura afro-brasileira, africana e indígena, cujo foco centra-se na relação superficial entre os conceitos químicos e as relações étnico-raciais, com pouco aprofundamento em uma teoria pedagógica pretendida anticapitalista, anticolonial e antirracista. Como destaca Magalhães (2023), esse encaminhamento manifesta-se pela natureza dos trabalhos, cuja relação construída entre a história e cultura afro-brasileira, africana e indígena e os conceitos químicos centra-se em procedimentos e materiais didáticos. Nesse sentido, concordamos com o autor de que essa concepção resulta em um caráter reacionário da Educação das Relações Étnico-Raciais (Erer), sendo necessário um resgate ao proposto pelo Movimento Negro na reestruturação dos sistemas de referências, isto é,

[...] a história e cultura africana e afro-brasileira consistirão nos objetos de um ensino histórico-crítico aliado às lutas anticoloniais desde que sejam apresentados na escola em sua forma clássica: a sistemática experiência histórico-social de pessoas africanas e afro-brasileiras exploradas no processo de reprodução da vida (Magalhães, 2023, p. 327).

O terceiro princípio enunciado pelo autor, entendido como “o ensino concreto de história e cultura africana e afro-brasileira nas aulas de química como produtor de uma concepção revolucionária de mundo” (Magalhães, 2023, p. 299), refere-se à

mercadoria. Estamos situados concretamente em um sistema capitalista, que também é colonial e racista, de modo que a satisfação de nossas necessidades é mediada pelo produto do trabalho. Mas esse produto, no capitalismo, é transformado em mercadoria, na medida em que seu valor de uso é ilusoriamente dado como natural pelo valor de troca, isto é, entendemos que aquele que possui a mercadoria e de quem compramos é que satisfaz a necessidade humana e não o processo de trabalho e seu produto resultante.

Tomemos como exemplo a bateria de íons-lítio. Os equipamentos eletrônicos que utilizamos atualmente provavelmente em sua maioria utilizam esse tipo de bateria, e os celulares certamente a utilizam. Este produto fornece energia elétrica suficiente ao longo de um tempo para que o celular funcione, de modo que, durante seu funcionamento, podemos atender necessidades de comunicação com outros indivíduos, de realização de tarefas do trabalho assalariado ou mesmo para lazer – o lazer também é uma necessidade humana (Sayers, 2011). Se entendemos que essas necessidades são atendidas pelo celular, naturalizando o valor de uso desta mercadoria como valor de troca, atribuímos a satisfação de nossas necessidades para a Apple, Samsung, LG, entre outras empresas de eletrônicos que vendem esses celulares. Na verdade, o que atende nossas necessidades de comunicação, realização de tarefas do trabalho assalariado ou de lazer é o trabalho despendido por trabalhadores, possivelmente na China (onde se localizam a maioria das fábricas montadoras destes eletrônicos, como no caso da Apple), que resultaram no celular que foi vendido para nós como da Apple ou da Samsung. Além disso, o que atende as necessidades da produção desses celulares não são as empresas de mineração, mas os trabalhadores que extraem, processam e tratam os minérios de lítio coletados, em sua maioria, na Argentina, Bolívia e Chile. Assim, para Magalhães (2023, p. 341):

Em um ensino de química realizado no capitalismo racista, uma contribuição grande que docentes de química é arrancar a venda dos olhos de estudantes quanto à produção de mercadorias. Estudantes não podem considerar que os materiais surgem como num passe de uma reação química ou de processos físicos, da mesma forma que não cabe ensinar às pessoas como a química pode ser usada à serviço do consumo consciente, porque mantemos conservada a produção exploradora e exagerada do burguês em função de uma atitude individual. É preciso, portanto, que saibam que a “aparição dos materiais” é intencionada e trabalhada por mãos e mentes humanas, em geral exploradas pela mão branca burguesa.

Partindo do trabalho de Silva (2023, p. 92), o autor elenca dois princípios para o ensino de Eletroquímica, sendo o primeiro em que “os conceitos de oxidação e redução para a compreensão das reações redox”, de modo que o entendimento pleno do conteúdo das reações redox depende de seu par de semi-reações de oxidação e de redução, funcionando em unidade. Este princípio, ainda que expondo abstratamente o conceito de reações redox, concretiza-se pelo segundo princípio, “dispositivos eletroquímicos e suas representações” (Silva, 2023, p. 92), em que as reações redox tornam-se concretas em dispositivos eletroquímicos, como as pilhas e baterias. Isto é, pelo desenvolvimento técnico-científico envolvido no conhecimento de reações redox que se pode produzir dispositivos que modifiquem as relações sociais existentes na prática social.

O estudo das reações redox inicia-se pelos processos de condução e armazenamento de energia elétrica a partir dos estudos de Luigi Galvani no final do século XVIII, em que dissecava rãs e observava que ocorriam contrações em suas pernas ao serem submetidas a estímulos elétricos, depois constatando ser necessário apenas o contato com dois metais para o fenômeno ocorrer (Pinto, 2018). Alessandro Volta, a partir desses estudos de Galvani, inicia experimentos para construir o que viria a ser a primeira pilha, composta de placas de cobre e de zinco alternadas (depois modificadas com uma malha molhada de ácido sulfúrico entre os conjuntos de placas Cu–Zn) (Bernal, 1969). As pilhas e seus conjuntos (baterias) passaram a ser objeto de estudo da Eletroquímica então emergente, de modo que, para este trabalho, os metais que permitem a condução e armazenamento de energia elétrica cristalizam o conceito de reação redox concretamente nas pilhas e baterias e, atualmente, não se limitam às discussões científicas e desenvolvimento tecnológico, mas incluem também as relações sociais existentes na prática social.

Segundo Bernal (1969), o desenvolvimento dos conhecimentos científico-tecnológicos, dentro do capitalismo, atendem o objetivo de obtenção de lucro, desse modo, a menos que tal inovação resulte em aumento da margem de lucro de uma empresa privada, o investimento nessa produção será mínimo. Ou seja, “ocasionava atrasos na aplicação dos conhecimentos científicos a exemplo da invenção de uma estação geradora de eletricidade, desenvolvida por Thomas Edison somente cerca de cinquenta anos após as descobertas de Faraday” (Silva, 2023, p. 76). Os metais, nesse sentido, fazem parte do interesse envolto na

produção de pilhas e baterias no capitalismo: são materiais essenciais para a condução e armazenamento de energia, sobretudo no caso das baterias de íons-lítio, que vêm se tornando cada vez mais comuns em equipamentos eletrônicos atuais.

Alinhando esta exposição ao discutido até aqui, este trabalho visa contribuir na síntese da prática social que apresenta as reações redox em baterias como objeto, particularmente as baterias como materialização deste conceito, que não somente permite conhecer as reações redox, como contribui para o entendimento da prática social em sua totalidade, desde a extração dos minérios como recursos naturais ao funcionamento do capitalismo e das relações coloniais e raciais que atribuem a ele seu caráter universalizado. Esta escolha justifica-se por meio das três teses histórico-críticas do currículo discutidas por Pasqualini (2019). Segundo a autora, a primeira tese – “o currículo constitui um meio do trabalho pedagógico e, como tal, reveste-se de uma dimensão política” (Pasqualini, 2019, p. 4) – discorre sobre a escolha dos conteúdos refletirem uma dimensão política do currículo, isto é, a forma com que o currículo se constitui a partir da seleção de conteúdos define um programa que se orienta a um caráter reacionário ou revolucionário.

Essa tese converge à proposição de Saviani (2000) sobre o caráter contraditório do ensino, que pode tanto reproduzir os interesses da classe dominante nos estudantes, quanto os interesses das camadas populares, estes de caráter revolucionário. Neste sentido, defendemos que as reações redox permitem desvelar a necessidade do uso de baterias, desde sua concepção, de todo o processo produtivo ao seu descarte, sendo política essa escolha porque refletem uma contradição existente no capitalismo atual: permite a produção de equipamentos eletrônicos que atendem necessidades humanas da comunicação, do processo de trabalho e de lazer ao passo que reproduzem e acentuam as desigualdades sociais existentes. Os metais, nesse sentido, são objeto que permite compreender desde sua extração ao seu descarte, o funcionamento do sistema capitalista, suas dimensões coloniais e raciais, além de possibilitar explorar os conceitos químicos para o entendimento dos dispositivos eletroquímicos e suas representações.

A segunda tese – “o currículo escolar deve contemplar os conhecimentos clássicos da Filosofia, da Ciência e das Artes” (Pasqualini, 2019, p. 6) – discorre sobre a composição curricular centrar-se naquilo que é essencial e cuja contradição permanece no tempo, conteúdos esses sem os quais não é possível compreender a

sociedade atual, seus problemas e formas de superação. Em convergência ao discutido por Magalhães (2023), Pasqualini (2019) alerta para não confundir o clássico com o tradicional, sendo seu critério de demarcação justamente o sistema de referência adotado, isto é, a prática social. Nesse sentido,

[...] é preciso ter em conta que nem toda objetivação da cultura que revela aspectos essenciais da existência humana chegará necessariamente a consolidar-se como clássico, firmando-se como referência, em vista dos obstáculos a sua veiculação social interpostos pelos interesses dominantes e precariedade de recursos de grupos sociais minoritários para promover tal difusão – considere-se, por exemplo, o franco desconhecimento de grandes pensadores do continente africano e sua ausência no rol de referências culturais clássicas (Pasqualini, 2019, p. 8).

Transpondo para o ensino de reações redox, as baterias como dispositivos eletroquímicos situam-se concretamente na prática social de modo que as necessidades condicionadas por ela não são possíveis de serem compreendidas somente com o recorte de classe ou com a exposição isolada do conceito de reações redox. Trata-se de resgatar a necessidade historicamente situada da produção destes dispositivos e como se desenvolveram para o existente na atualidade, envolve uma série de relações que só são possíveis na e para a prática social. E é precisamente esta interrelação que delimita a terceira tese de Pasqualini (2019, p. 10) – “a seleção dos conhecimentos que deverão compor o currículo escolar deve ser orientada pelo movimento de problematização da prática social e implica disputa político-pedagógica”. É a prática social, enquanto critério de verdade e validade, bem como a referência do trabalho educativo, que dá concretude ao processo de ensino-aprendizagem, isto é, por meio das relações sociais existentes na prática social que os conteúdos justificam-se no currículo como clássicos e possibilitam a relação de humanização na apropriação-objetivação da realidade material.

É nesse sentido que a conceituação de problema fornecida por Saviani (2000) permite compreender a dialeticidade do processo de ensino-aprendizagem, exigindo tanto que o trabalho educativo desvele a situação problemática em que o estudante concreto está inserido e, com isso, os instrumentos necessários para que seja possível compreendê-la em totalidade. Desse modo,

Por essa característica, o verdadeiro problema desencadeia reflexão, entendida com exame detido e atento, busca de significado, análise cuidadosa. É essa busca que, em última instância, dá sentido aos

instrumentos culturais socializados pela escola, os quais não devem ser pensados como um fim em si mesmo, mas em sua vinculação com os problemas da existência humana. Se o problema é uma “necessidade que se impõe objetivamente e é assumida subjetivamente” (SAVIANI, 2012, p. 22), é justamente a necessidade objetiva reconhecida e assumida subjetivamente que mobilizará o estudante a engajar-se no movimento de instrumentalização, no qual poderá se encontrar com objetos cognoscíveis capazes de satisfazer ou canalizar a necessidade, ao mesmo tempo requalificando-a (Pasqualini, 2019, p. 13).

Esse é o movimento didático-curricular proposto pela PHC, partindo da prática social, conhecendo-a, é possível delimitar os problemas que condicionam a existência humana situada histórica e socialmente e vivenciada pelos indivíduos de seu tempo. No caso particular da reação redox como objeto abordada a partir dos metais como material, permite compreender a prática social da produção capitalista atual, com suas dimensões coloniais e racistas, no recorte particular deste trabalho para as baterias, em concordância ao segundo princípio de Silva (2023) para o ensino de reações redox a partir dos dispositivos eletroquímicos, sendo as baterias de íons-lítio um exemplo dessa manifestação.

Essa relação predatória antitética a uma concepção de mundo humanizada conduz a uma série de problemas que se refletem na educação, tendo em vista um compromisso de formar indivíduos ativos em sua vida política em via de promover uma transformação social coletivamente (Saviani, 2021). Essa postura mostra, como destaca Saviani (2019), que a educação não é dissociável de seu momento histórico e se relaciona com a estrutura produtiva de seu tempo. Dessa forma, os metais não devem ser única e exclusivamente reduzidos a suas propriedades classificatórias (Vilela-Ribeiro; Benite; Soares, 2011), mas ampliar para a construção do significado deste conceito, implicando tanto na história destas entidades quanto em sua função no modo de produção.

Uma das formas dessa preocupação, envolvendo particularmente os metais, é refletida em trabalhos da Educação em Química (EQ), que podemos pensar a partir de abordagens dos conceitos químicos, com destaque para a oxirredução (e outros conceitos que necessitam deste para compreendê-los), propriedades das substâncias e ligações químicas, cujo foco centra-se: nos instrumentos de avaliação e/ou nas estratégias didáticas sobre o ensino dos metais e de suas propriedades (Merçon; Guimarães; Mainier, 2011; Focetola *et al.*, 2012; Benedetti Filho *et al.*, 2013; Palácio *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2018); em consequências da produção

envolvendo os metais e suas propriedades (Lima; Merçon, 2011; Moura, 2019; Silva; Royer; Zanatta, 2022); em episódios ou em fatos históricos que envolvem os metais (Morioka; Silva, 2012) e; na metalurgia ancestral africana voltada para a Educação das Relações Étnico-Raciais (Erer) (Benite; Silva; Alvino, 2016; Benite *et al.*, 2017; Camargo *et al.*, 2019; Alvino *et al.*, 2021).

A abordagem dos conceitos químicos ocorre com uma aproximação ao cotidiano como forma de contextualização sem explicitar o entendimento que se tem do cotidiano, o que vem ocorrendo na área desde a década de 1990 (Wartha; Silva; Bejarano, 2013; Colturato, 2021). Merçon, Guimarães e Mainier (2011), por exemplo, produzem um sistema experimental voltado para o ensino de corrosão, associando este fenômeno ao que ocorre em tubulações como forma de contextualização. A contextualização é uma estratégia importante, principalmente porque promove “a construção de significações na medida em que incorpora relações tacitamente percebidas” (Wartha; Silva; Bejarano, 2013, p. 86), contudo, não se deve reduzir a prática social humana ao cotidiano. É necessário, na verdade, que os conhecimentos científicos em sua integral forma com a História e Filosofia da Ciência (HFC) sejam mediação desse cotidiano imediato à prática social, isto é, que seja conduzida a formação da relação consciente entre o indivíduo singular e o gênero humano universal (Duarte, 2013).

Moura (2019) traz uma preocupação com o ensino de metais envolvendo sua mineração, apoiando-se nos casos do rompimento das barragens de Brumadinho e de Mariana. Essa preocupação parte da abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) como referência, comprometendo-se com uma prática cidadã, alocando discussões acerca da Natureza da Ciência (NdC), da linguagem científica e das questões sociocientíficas, trata-se da “construção de uma visão de ensino de ciências associada à formação científico-cultural dos alunos, à formação humana centrada na discussão de valores” (Santos, 2007, p. 488).

Contudo, esta concepção de cidadania associa-se à valores situados em práticas de consumo, não atingindo o centro do problema da sociedade capitalista: o capital e a sua estruturação no próprio modo de produção capitalista. De acordo com Messeder Neto (2022), essa forma de contextualização põe em foco as atitudes conscientes do processo de distribuição e consumo e não a produção de mercadorias, o que reduz o debate para uma posição de consumo consciente. Entendo que tais limites precisam ser pensados para um trabalho educativo que

envolva a prática política em uma relação dialética, inserindo no ato educativo o objetivo de formação de indivíduos para a transformação social, concepção essa convergente com o defendido pela Pedagogia Histórico-Crítica (PHC). Essa concepção de educação compreende como ponto de partida a prática social.

1.2 Capitalismo, colonialismo e racismo: relações e problemas para a Educação em Química histórico-crítica

Vivenciamos um período histórico cuja estrutura produtiva capitalista é dominante, isto é, prevalece a lógica de mercado sob as relações sociais que ocorrem no interior das práticas sociais humanas, condicionando as ações sociais a níveis individuais e coletivos (Mészáros, 2011). Nesse sentido, o capital impera como agente que condiciona as necessidades humanas para produzir-se, reproduzir-se e expandir-se em todo o tecido social, manifestando-se de forma universalizada em diferentes atividades humanas realizadas em todo o globo, desde a exploração da força de trabalho humana à relação predatória com o meio natural.

Tal relação revela-se, pois, em toda a cadeia produtiva, da extração da matéria-prima ao consumo e posterior descarte, ou seja, na geração de lixo. Anteposto a tudo, o ser humano realiza trabalho em decorrência das necessidades que precisam satisfazer pela imposição das condições de existência do meio natural e social (Saviani, 2000). Ou seja, o ser humano necessariamente realiza trabalho que visa produzir um instrumento no mundo para satisfazer suas necessidades, sendo incorporado a si como uma segunda natureza, uma extensão de seu corpo físico (Saviani, 2000). O que ocorre no capitalismo é uma inversão da lógica da produção, segundo a qual o objeto produzido não adquire valor em seu uso, mas na relação de troca, isto é, torna-se uma mercadoria, que “é, antes de tudo, um objeto externo, uma coisa, a qual pelas suas propriedades satisfaz necessidades humanas de qualquer espécie” (Marx, 1983, p. 45). As necessidades são artificialmente produzidas, cuja satisfação se dá pelo consumo de mercadorias, o que determina, portanto, a forma lógica em que se assume a estrutura do capital é a rapidez com que se encerra um ciclo de extração-produção-distribuição-circulação da mercadoria (Marx, 1983).

Essa inversão lógica estrutura as relações sociais no interior da sociedade capitalista, de modo que a sustentabilidade desse sistema torna-se insustentável

desde sua concepção, uma vez que pretende-se a exploração infinita de recursos em um espaço de recursos finitos (Zaneti; Sá; Almeida, 2009). Além de que, uma vez que o capital seja produzido e engrenado em sua lógica cíclica de reprodução por meio da mercadoria, sua expansão se intensifica e se torna incontável, gerando uma série de problemáticas decorrentes de sua incontabilidade (Mészáros, 2002).

Aqui vale duas formas em que a lógica mercadológica se impõe: a crescente geração de lixo e a obsolescência programada. Para Mészáros (2002), uma das formas que o defeito estrutural do sistema do capital se manifesta é na cisão relativa entre produção e consumo, isto é, em certa independência entre esses dois processos do ciclo da mercadoria. A produção de mercadorias, na própria concepção da mercadoria, é planejada para ter um tempo de vida útil, com restrições de uso pré-determinado e estrutura-se na lógica da inovação constante (Zaneti; Sá; Almeida, 2009; Alves, 2021). Desse modo, um dado modelo de iPhone produzido pela Apple tem sua data de validade estipulada para a próxima cerimônia de lançamento de novo modelo (Alves, 2021), ou seja, a Apple possui total controle sobre as produções dos diferentes modelos que podem ser produzidos sob a lógica da constante inovação tecnológica, mas não possui controle sobre o resultado do consumo: o lixo eletrônico.

O que é lixo é determinado pelo processo de valorização, como no sistema do capital impera o valor de troca, lixo se torna tudo aquilo que não pode ser trocado e que deve, por consequência, ser descartado (Lacerda, 2015). Isso significa que o valor de uso é naturalizado na mercadoria, é “natural não, simplesmente, porque vem de algo de fora do sujeito, mas como produto do processo de naturalização daquilo que a cisão sujeito-objeto, posta pelo capital, põe como objeto” (Lacerda, 2015, p. 34). As necessidades sociais a serem satisfeitas, desse modo, são vistas como autônomas por vincularem-se às mercadorias, o acesso a essas mercadorias determina se a necessidade social é satisfeita ou não (Lacerda, 2015). Assim, o lixo não é valorizado como objeto de valor, e somente o será caso seja matéria-prima para a indústria da reciclagem (Layrargues, 2002).

Partindo dessa cadeia produtiva, há um mapa de produção global estabelecido: países do centro do capitalismo ou Norte Global (EUA, Europa, Japão, etc.) produzem as inovações tecnológicas, cujos produtos transformados em mercadorias possuem datas e funções pré-estabelecidas para as próximas gerações

da mercadoria em circulação; ao passo que toda a matéria-prima e os resíduos descartados pós-consumo são enviados de e para, respectivamente, os países da periferia do capital ou o Sul Global (América Latina, África, Sudeste Asiático, etc.). Estendendo o exemplo da Apple, seus celulares são fabricados por trabalhadores chineses da Foxconn em condições precárias em jornadas de trabalho de até 12 horas, cuja extração de minerais para sua fabricação estabelece-se em complexos industriais localizados na Amazônia e cujo descarte de resíduos é feito em nascentes amazônicas, destruindo o ambiente ao redor, sua fauna e flora (Alves, 2021). Essa relação entre periferia do capital (Sul Global) e centro do capitalismo (Norte Global) é a manifestação do colonialismo e do racismo presentes neste modo de produção.

Essa é a divisão social do trabalho herdada do período colonial e que persiste como ação do imperialismo dos países colonizadores até hoje (Galeano, 2010). O próprio caso brasileiro é um exemplo, em que o ciclo do ouro se estabelece e, apesar de seu apogeu ter passado, a exploração da mão-de-obra em situações precárias de trabalho permanece, com possíveis riscos à saúde por contaminação por mercúrio (Galeano, 2010). Além de que, mesmo atualmente, o Brasil é grande exportador de recursos naturais, desde *commodities* agrícolas a minérios, com destaque para o minério de ferro, que participa em 52,8% das atividades do setor mineiro, seguido do ouro com 12,6% e do cobre com 10,5% (Ibiam, 2025). Fato é que este caráter exportador se manteve ao longo da história brasileira e com subsídio encontrado em legislação relativamente recente: a Lei Kandir. Conforme artigo 3º, inciso II, o imposto não incidirá em “operações e prestações que destinem ao exterior mercadorias, inclusive produtos primários e produtos industrializados semi-elaborados, ou serviços”, ainda, no inciso IV, em “operações com ouro, quando definido em lei como ativo financeiro ou instrumento cambial” (Brasil, 1996). Ou seja, a Lei Kandir garante incentivo para exportação de *commodities*, como os minérios de ferro, ouro e cobre, havendo pouco espaço para manutenção destes materiais na indústria nacional.

Essa é a manifestação do que Marini (2000) denomina de dialética da dependência. Na necessidade das potências industrializadas impedir a expansão da influência soviética e de ocorrência de revoluções em área de ex-colônias, como a América Latina, institui-se um programa de exportação de capitais para estes países e promove seu desenvolvimento industrial, o que gera uma série de conflitos

contraditórios (Marini, 2000; Santos, 2020). No Brasil, por exemplo, esse processo de industrialização resulta em um acirramento entre os grupos industriais e os latifundiários, a produção voltada para o mercado interno e externo e entre as classes burguesa e proletária (Marini, 2000).

O desenvolvimento promovido pela injeção de capital estrangeiro nos países ex-colônias promove, então, uma dependência do setor exportador nas indústrias nacionais, permitindo o desenvolvimento industrial dos países da periferia do capital e, ao mesmo tempo, que a ação imperialista dos países do centro mantivesse sua influência nessas localidades (Santos, 2020; Katz, 2020). Entretanto, esse desenvolvimento garante o início de um movimento de soberania nacional em países da periferia do capital, sobretudo na América Latina, com a criação da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep), pelo governo venezuelano de Andrés Peres, além da criação da Carta de Direitos Econômicos das Nações e Sistema Econômico Latino-Americano e do Caribe (SELA), de iniciativa do governo mexicano de Luis Echeverría Álvarez (Santos, 2020). Esse movimento não agradou a Comissão Trilateral (EUA, Europa e Japão), iniciando uma série de contra-ofensivas aos países que integravam esse movimento de soberania e do campo socialista, resultando na repressão política e, no âmbito internacional, o envolvimento dos EUA com as ditaduras militares em toda a América Latina (Marini, 2000; Santos, 2020).

Essas movimentações do centro capitalista iniciam na década de 1970 como um movimento neoliberal em resposta às políticas desenvolvimentistas. A estruturação do capital estrangeiro nos países periféricos se modifica de um fortalecimento da indústria nacional para um capitalismo dependente do capital estrangeiro e, sem o qual, sua economia não vigora (Santos, 2020). O que ocorre, portanto, é a movimentação para, a partir da década de 1990, com o encaminhamento do fim das ditaduras militares e a redemocratização, desindustrializar os complexos industriais nacionais e reconfigurar a legislação em conformidade com um caráter exportador dos países periféricos (Santos, 2020), resultando em situações como a exemplificada pela Lei Kandir, no Brasil.

Essa movimentação, na verdade, não é novidade, o capitalismo engloba a lógica da dependência das regiões influenciadas por ele desde o processo de colonização, análise essa realizada também por Marx (Katz, 2020). Nesse sentido, a cadeia de produção, ao se tornar globalizada no capitalismo, passa a se caracterizar

de forma deslocalizada pós-1970, isto é, a produção de matéria-prima concentra-se em países da periferia capitalista, enquanto as produções industriais concentram-se em países do centro capitalista (Katz, 2020). Desse modo, os países periféricos se tornam majoritariamente exportadores de *commodities*, enquanto os países centrais exportadores de produtos industrializados, estabelecendo uma hierarquia na ordem de produção mundial (Katz, 2020). É nesse sentido que os metais adquirem importância na economia global, enquanto forma bruta transformada em matéria-prima, é 'riqueza' da periferia capitalista, enquanto produto industrializado em sua forma de ligas metálicas, soldas, placas, eletrônicos, etc., é riqueza do centro capitalista, com a primeira subordinada à segunda.

Os metais são de tamanha importância à indústria capitalista que, comparativamente, só o ano de 1900 contabiliza 10% de todo o consumo de minerais industriais de 1770, além de aumentar o consumo de U\$ 8,40 *per capita* para U\$ 45,00 *per capita*, de 1900 para 1970 (Calaes, 2009). Esses recursos minerais fazem parte da classe de materiais denominados de matéria-prima crítica (*critical raw material*), estabelecidos como coluna que sustenta as atividades econômicas de um país (Rowan, 2024), destacando-se os documentos *Critical Raw Material Act*, na União Europeia em 2011, e *Energy Act*, que inclui esses materiais nos relatórios de energia dos Estados Unidos a partir de 2020.

Um exemplo concreto dessa classe de material é o lítio, que serve de base para a maioria das baterias produzidas atualmente por empresas de eletrônicos nos Estados Unidos, sendo responsável por aproximadamente 25% do metal consumido, principalmente importado de países sul-americanos (USGS, 2023). A produção deste metal ocorre majoritariamente no chamado ABC do lítio (Argentina, Bolívia e Chile), com exploração argentina representando 47% da produção mundial (USGS, 2023). Apesar de mascarar-se com um discurso de transição energética, descarbonização e sustentabilidade, as empresas transnacionais que se estabelecem na Argentina, por exemplo, não realizam acordos com o governo argentino, seja direta ou indiretamente, promovendo relações entre si, afetando negativamente a dinâmica de trabalho e de vida das comunidades locais (Escosteguy *et al.*, 2022).

O caso acima não se aplica apenas ao lítio, pode também ser aplicado ao cobre. O Chile é, atualmente, responsável pela produção de 5,2 milhões de toneladas do total de 22,0 milhões de toneladas no mundo, sendo que 41% do que é

consumido de cobre nos EUA é importado do trio Chile, Canadá e México (USGS, 2023). Empresas estadunidenses estabelecem acordos ou tensionam relações com os governos, com destaque para os sul-americanos, para liberação de concessões de exploração para mineração, por exemplo, de cobre e lítio (Gonçalves; Milanez, 2019). A entrada dessas empresas no Chile, por exemplo, é acompanhada de um discurso de criação de parcerias com os povos locais, entretanto, o que ocorre é uma legislação criada que favorece o estabelecimento dessas empresas no país e a vigilância dos territórios controlados por elas, afetando a dinâmica de vida da população local, sobretudo os povos indígenas e andinos, e gerando processo de violência e criminalização dos atos de resistências dessas populações (Gonçalves; Milanez, 2019).

Outro caso que representa tal relação predatória na extração mineral é o da cidade de La Rinconada, no Peru. A região em que se localiza essa cidade andina é Puno, morada de povos originários anterior à colonização espanhola, cuja produção mineradora é apropriada pelos colonizadores e as minas passaram a ser regidas por colonos espanhóis (Kindlé, 2024). Desde então, a atividade da região de Puno é voltada à mineração, sendo La Rinconada uma das cidades com intensa atividade extrativista aurífera, com cerca de 500 operadoras de mineração que atuam em 12 minas (Kindlé, 2024). Das condições de trabalho estabelecidas na cidade, destaca-se o *cachorro*, de jornada de trabalho de dez dias, cuja produção durante nove dias é voltada totalmente para a empresa mineradora sem nenhum salário e o que for coletado no décimo dia pelo trabalhador pode ficar sob seu domínio (Kindlé, 2024). Milícias também são contratadas para evitar casos de contrabando de pepitas de ouro, dificultando estratégias de trabalhadores em guardar parte de sua produção fora do décimo dia para si (Kindlé, 2024).

Em todos esses casos, há uma linha comum na cadeia produtiva: para os países da periferia capitalista citados, Argentina, Chile e Peru, delega-se a extração mineral, seja do lítio para as baterias ou do cobre e ouro para eletrônicos em geral (neste último exemplo, também como moeda), enquanto para os países do centro capitalista, desloca-se a matéria-prima para sua malha industrial e a produção de industrializados, como as fiações de cobre, folhas de ouro e as baterias de íons-lítio. No final, a cadeia produtiva se mostra um colonialismo moderno, as terras e recursos terão sua extração realizada em seu território por empresas estrangeiras, sem ao menos terem soberania da exploração de seus próprios recursos nacionais,

consecutivamente, afetando a vida e dinâmica de trabalho das populações locais, sobretudo indígenas.

Ressalta-se que não é um problema somente no início da cadeia, mas em todo o processo de produção. Tomemos de exemplos os eletrônicos, fabricados com uma coleção enorme de metais diferentes, dos mais inofensivos à saúde aos metais pesados, o que inclui chumbo, cádmio, níquel, mercúrio, cobalto, etc. A obsolescência programada, como comentado anteriormente, induz ao consumo acelerado por conceber um tempo de vida útil às mercadorias menor do que o que poderia ser projetado para ser, esse processo acaba conduzindo ao descarte da geração de eletrônicos anterior e à compra de eletrônicos de nova geração. A consequência desse processo é a formação de uma grande massa de lixo eletrônico (*e-waste*), o qual foi gerado massivamente em 62 bilhões de toneladas, dos quais apenas 13,8 bilhões de toneladas foram reinseridas na indústria da reciclagem (Baldé *et al.*, 2024). Desse total de lixo eletrônico, 31 bilhões são originados de metais, ou seja, somente os metais como material correspondem a 50% de toda a geração de lixo eletrônico (Baldé *et al.*, 2024).

Importante ressaltar que a maior parte do lixo eletrônico *per capita* é gerado por países europeus, assim como sua reciclagem, e a maior parte dos países que recebem esse lixo são de África, mesmo que gerem a menor quantidade de lixo eletrônico *per capita* (Alves, 2021; Baldé *et al.*, 2024). Essa relação não se contorna apenas com os países citados, é o mesmo funcionamento da lógica de extração dos metais: países do eixo ocidental, o centro capitalista, produzem os eletrônicos e o descartam, o eixo dos países da periferia do capital recebem esse lixo, notadamente os continentes africano, americano e asiático (Jesus, 2022). Essa lógica colonial persiste na alegação de que o lixo eletrônico enviado para os países da periferia capitalista o é feito a fim de que seja reciclado, esse processo de reciclagem é rudimentar, envolve trabalho infantil e é feito à mão, ou seja, coloca em risco a saúde de coletores de metais residuais, como níquel, cobalto, cobre, ouro, ferro, entre outros (Jesus, 2022).

Esse é o processo pelo qual o racismo garante a manutenção do capital, uma vez que há fortalecimento de legislação voltadas à economia verde e sustentável promovida principalmente pela Europa, ao passo que o lixo gerado é enviado para as áreas continentais da periferia do capitalismo, é racismo ambiental (Jesus, 2022). Em suma,

[...] leva a um colonialismo ambientalmente tóxico que torna desproporcional a distribuição dos custos ambientais. Assim, a sociedade tem sido dividida entre os que sofrem os danos ambientais e os que podem escapar dele, em decorrência do controle político de certos grupos que institui um racismo ambiental de mercado e racismo ambiental planejado, em que “materiais fora do lugar” são destinados a grupos sociais “fora do lugar”, considerados racialmente impuros (ACSELRAD, 2004b) (Jesus, 2022, p. 42).

Para entender claramente os motivos da lógica produtiva mercadológica funcionar desta maneira, pensemos em um caso concreto de consumo de mercadoria: o carro elétrico. Como descrito anteriormente, a mercadoria torna o produto do trabalho um objeto cujo valor de uso é naturalizado, isto é, o carro, que pode ser usado para transportes a longas distâncias por terra, é naturalizado mercadoria não para este fim, mas para satisfazer a necessidade do mercado de vendê-lo e lucrar com isso, naturalizando-o como parte da paisagem urbana (Trói, 2018). Ao tornarem-se um problema ambiental em decorrência da liberação de gases poluentes, os carros elétricos começam a ser o alvo da propaganda capitalista e o processo de naturalização da necessidade social do consumo volta-se a eles como alternativa ao carro tradicional (Trói, 2018).

Os carros elétricos funcionam com o uso de baterias de íons-lítio, isso significa que o metal é essencial para a fabricação da mercadoria carro elétrico e, por isso, sua extração é prioritária para empresas que o produzem, como a Tesla. Como mencionado no caso do lítio, suas maiores reservas se encontram na América Latina sob o ABC do lítio (Argentina, Bolívia e Chile), sendo que, em julho de 2020, Elon Musk, bilionário CEO da Tesla, afirma em rede social (atual X, antigo Twitter) que daria o golpe no Estado que fosse, possível referência ao golpe na Bolívia, com a renúncia de Evo Morales, em novembro de 2019 (Watanabe, 2023). Isso ocorre porque os recursos naturais encontrados em território boliviano são nacionalizados, isto é, não somente a concessão para mineração precisa ser aprovada pelo governo boliviano, como o recurso encontrado também, ficando sob domínio do Estado (Watanabe, 2023). Esse processo se torna um entrave para a exploração de lítio e outros recursos por empresas estrangeiras e, dada a influência estadunidense na região, o golpe em 2019 pode ter forte relação com a derrubada da nacionalização do lítio e controle irrestrito do capital estrangeiro sobre esse mineral crítico (Watanabe, 2023).

Em síntese, os carros elétricos são uma mercadoria que pretende a manutenção da naturalização do uso dos carros individualmente como alternativa aos carros tradicionais poluentes, ou seja,

[...] mesmo essa alternativa não deixa de ser mais uma ilusão da descodificação do próprio capitalismo porque, se por um lado, a fabricação de veículos em conformidade com o “sustentável” resolve a questão da mobilidade individual automotiva limpa, não resolve, por outro, a questão dos impactos de qualquer produção. Uma saída, nesse sentido, seria reintrojetar, na ideia de carro, o seu próprio valor de uso, anulando por completo seu valor de troca, no qual operam todas as descodificações da máquina capitalista (Tróí, 2018, p. 294).

Toda a problemática aqui descrita permite pensar os produtos eletrônicos, com destaque para as baterias de íons-lítio, para além de seu uso imediato, isto é, os conceitos químicos, como as reações redox, empregados para compreender o funcionamento da bateria em isolado também permitem entender como os metais são extraídos e tratados quimicamente para a produção destas baterias. De modo análogo, a discussão sobre as baterias não se limitam a elas, envolvem uma série de relações entre países capitalistas hierarquizados em centro e periferia capitalistas, revelando aspectos raciais na distribuição dos processos de reciclagem e cujas discussões sobre a obsolescência programada envolve conhecer as baterias e seu funcionamento para comparar os ciclos de vida útil programado e o que é possível fora da lógica da obsolescência. Todo esse conjunto possibilita tornar concreto o processo de ensino dos conceitos químicos.

Este trabalho, parte da questão *que prática social permite sintetizar as relações sociais capitalistas, coloniais e raciais presentes na produção de baterias como dispositivo eletroquímico para o ensino de reações redox?* Pretende-se, portanto, contribuir para a construção coletiva da PHC e, em particular, da abordagem da prática social como categoria metodológica na EQ histórico-crítica, tomando por objeto os metais, sua relação com a produção de baterias, desde sua extração ao descarte pós-uso destes dispositivos. Para tanto, tem por objetivo geral *sintetizar a prática social da produção de baterias considerando a cadeia produtiva dos metais e seu caráter capitalista, colonial e racial para o ensino de reações redox, a partir da análise do acervo bibliográfico pautada no MHD e na PHC*. Para atingir este objetivo geral, compreende-se os seguintes objetivos específicos:

- identificar os elementos constitutivos da prática social da produção de baterias, discutindo o caráter capitalista, colonial e racial presente em suas relações sociais;
- discutir as relações entre a prática social descrita e o conteúdo de reações redox, apontando suas potencialidade para a abordagens de possíveis problematizações e instrumentalizações no processo de ensino-aprendizagem.

Este trabalho dividiu-se em quatro capítulos. Este primeiro apresenta uma breve introdução à temática, à fundamentação teórico-metodológica e apresentação do objeto, do problema e dos objetivos da pesquisa. O segundo capítulo aprofunda as categorias da PHC discutidas brevemente aqui e expõe as categorias do MHD que serão mobilizadas para análise, juntamente com a PHC. No terceiro capítulo, apresentamos os resultados da coleta e da análise dos dados, discutindo a constituição da prática social da produção de baterias envolvendo os metais desde sua extração ao descarte, bem como seu caráter capitalista, colonial e racial e as possíveis problematizações e instrumentalizações decorrentes da prática social sintetizada. Por fim, no quarto capítulo, apresentamos algumas considerações finais acompanhadas das principais conclusões desta pesquisa.

CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA E TEÓRICA

Este trabalho é de natureza teórico-conceitual, isto é, demanda-se, “de partida, a eleição do acervo a ser analisado, consubstanciado, então, como campo ou material de análise, não se furtando à delimitação do problema, justificativa e hipótese” (Martins; Lavoura, 2018, p. 236). Como referencial teórico, adotou-se a PHC e o MHD, conjuntamente com a noção de material presente em Klein e Lefèvre (2007). A seguir, destacamos os procedimentos adotados no escopo da metodologia.

2.1 Procedimentos de coleta e análise dos dados

A descrição dos elementos que compõem a prática social objetivada por este trabalho consistiu na construção de um acervo bibliográfico que permite

acessar dados e informações desde a extração dos metais ao seu descarte, tendo em vista a identificação e caracterização das relações capitalistas, colonialistas e racistas nessa forma de organização da produção. A busca foi de caráter exploratório, isto é, teve o objetivo de “proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato” (Gil, 2008, p. 27), sendo realizada primeiro na plataforma Google Scholar e, de forma complementar, no buscador padrão da Google. Foram pesquisados combinações de termos gerais como “lítio”, “cobre”, “baterias de íons-lítio”, “carro elétrico”, “cadeia produtiva”, “Brasil”, “Chile”, “comunidades indígenas”, “povos indígenas”, “mineração”, “descarte” e “reciclagem”; posteriormente, fazendo buscas mais específicas de acordo com a leitura exploratória não sistemática dos textos, resultando em diversos casos que abordassem a cadeia produtiva do lítio e do cobre. Encontramos uma variedade de textos envolvendo o caso dessas duas cadeias de produção, sendo feito um recorte para a América Latina, em particular o Chile, por haver discussões envolvendo ambas as cadeias produtivas e ilustrar problemáticas socioambientais e tecnológicas que podem contribuir para compreender a prática social dessas duas cadeias produtivas e casos semelhantes aos apresentados no primeiro capítulo.

Dentre os textos encontrados, selecionamos textos de diferentes tipos por compreender que podem contribuir com dados, discussões e entrevistas envolvendo os casos de exploração de lítio e cobre em geral, como afeta as diferentes regiões do mundo e, em particular, populações indígenas no Chile. Desse modo, obteve-se textos como: textos jornalísticos (Alwyn, 2025; Cáritas Brasileira, 2024; Instituto Humanitas, 2025; Sinimbú, 2025; Wells, 2025), entrevista (Bnamerica, 2025); relatórios governamentais (Romero; Aylwin; Didier, 2019; USGS, 2025), base de dados (Enerdata, 2025); guias (ICA/Procobre, 2018), artigos científicos (Bermúdez-Rodríguez; Consoni, 2020; Bocchi; Ferracin; Biaggio, 2000; Comparato, 2013; Gomes; Schiavi; Costa, 2021; He *et al.*, 2024; Oliveira, 2024; Santana; Moreira, 2025; Santos, 2018; Silva *et al.*, 2019; Vale, 2021), artigos de revistas (ABCobre, 2020, 2023), páginas em sites e blogs de organizações e/ou associações (Cobresul, 2022), simpósio (Tonnesen; Luz; Braga, 2010) e livros/capítulos de livro (Araóz, 2020; Craddock, 1995; Braga; Galeano, 2010; Sampaio, 2008; Eddy; Klein, 2022; Moran, 2022; Simpson, 1997; Ramberg, 2022; Reis *et al.*, 2019; Tylecote, 1992).

A partir da leitura integral do acervo e sua posterior análise, delimitou-se dois eixos de discussão para a síntese da prática social envolvendo a exploração de lítio na América Latina para a produção das baterias de íons-lítio: 1) descrição da cadeia produtiva das baterias de íons-lítio, incluindo desde da extração da matéria-prima (lítio) até o posterior descarte de seus resíduos metálicos; 2) problemas envolvendo a exploração do lítio, a produção das baterias e o descarte de seus resíduos no caso particular latino-americano, bem como as reações redox como instrumento teórico que permite compreendê-los e interpretá-los visando um processo educativo que possibilite sua incorporação na prática social.

2.2 Noções de cadeia produtiva, modo de produção e relações sociais

A categoria de trabalho aqui é importante, pois é o que delimita a cadeia de produção, junto às forças de trabalho e relações de produção, sendo necessário um referencial para a descrição das duas cadeias produtivas, o qual adotamos Harnecker (1973) por abordar o conceito a partir do marxismo, em convergência com a perspectiva teórica adotada neste trabalho. Entendemos o processo de trabalho como a atividade humana capaz de modificar um objeto determinado com uma finalidade atribuída a seu produto (Harnecker, 1973). Esse objeto, quando tomado diretamente da natureza sem quaisquer modificações humanas previamente realizadas, é a matéria bruta, enquanto uma forma derivada da matéria bruta, já modificada pelo ser humano, é a matéria-prima (Harnecker, 1973).

O trabalho não se realiza no vácuo, despende certa energia de um conjunto de trabalhadores a qual denominamos de força de trabalho (Harnecker, 1973). Conforme a autora, sua organização no tempo e espaço depende dos meios de produção, isto é, tanto o espaço e condições materiais em que o trabalho será realizado pelos trabalhadores diretamente, quanto os instrumentos que serão utilizados. Assim, em uma sociedade dividida em classes, há uma classe proprietária dos meios de produção, enquanto outra possui apenas sua força de trabalho, de modo que as relações de produção são reflexo dessa hierarquia de classes em um determinado modo de produção. Para Harnecker (1973), esse conjunto de fatores delimitam o processo de trabalho, assim, toda produção está contida em um processo de trabalho. Referenciando-nos nesta exposição de categorias, entendemos como cadeia de produção o conjunto de atividades de produção em um

determinado processo de trabalho que modifica a matéria para determinado fim, a partir de relações de produção social e historicamente determinadas pelo modo de produção, em nosso caso particular, o capitalismo.

O capitalismo é um modo de produção que transforma todo produto do trabalho em mercadoria em uma lógica de produção infinita, sustentada em uma divisão social do trabalho em que a classe produtora da realidade material tem sua força de trabalho explorada pela classe que é proprietária dos meios de produção (Mészáros, 2011). Isso significa que a lógica imperativa deste modo de produção é mercantil, cuja exploração da matéria bruta e a visão de natureza é predatória (Layrargues, 2002). O objeto do processo de trabalho para a classe dominante dos meios de produção é, portanto, a produção, reprodução e expansão infinita de seu capital. Desse modo, o capitalista se apropria de todo o resultado da produção e, por consequência, de todo seu valor, atribuindo uma fração desse valor ao trabalhador como salário e o restante mantendo como sua propriedade, essa é a mais-valia (Harnecker, 1973). O capital é, portanto, referência “aos diferentes elementos do processo de trabalho quando pertencem ao capitalista e se destinam a produzir mais-valia para seu dono” (Harnecker, 1973, p. 246).

Como discutido no capítulo anterior, esse modo de produção possui alguns problemas, sendo um deles a forma predatória de exploração da matéria bruta. Se a quantidade de recursos existentes no planeta é finita, a produção, reprodução e expansão do capital não pode ser infinita, uma vez que o limite é a própria realidade material. Outro problema é que a igualdade de condição da existência humana é apenas formal, isto é, o reconhecimento do Estado e da Lei assegura toda e qualquer existência humana formalmente, mas materialmente ainda persiste a exploração da classe trabalhadora em condições desumanizadoras (Saviani, 2019), o que inclui, por exemplo, a fome, condições análogas à escravidão, exploração de trabalho infantil, etc. O caso relatado de La Rinconada anteriormente é um exemplo dessa problemática.

No referente à cadeia de produção, a partir de Harnecker (1973), podemos sintetizá-la nos seguintes processos: extração, produção, distribuição, circulação, consumo e descarte. A extração de matéria bruta parte de dois aspectos principais, o primeiro sendo a não indiferenciação do objeto, isto é, um dado objeto tornar-se uma matéria bruta para alguma atividade humana; e o segundo sendo a transformação da matéria bruta em matéria-prima. Saviani (2000) discute a natureza

humana a partir do trabalho, em que a existência humana está condicionada ao tempo e espaço e à sua capacidade de transformar os meios de existência para sua própria subsistência. Isso significa que o ser humano conhece a natureza para modificá-la e satisfazer suas necessidades, de modo que o processo de trabalho atenda essas condições e, para tanto, é necessário que um dado objeto se torne não indiferente para o ser humano. A não indiferenciação de um objeto ocorre ao atribuir um valor a um produto do trabalho projetado para existir cuja finalidade é satisfazer a necessidade (Saviani, 2000).

Um exemplo para pensar essa relação é que a caça é feita com lanças, as lanças não existem naturalmente, mas são produzidas pelo ser humano para sua atividade de caça a fim de obterem comida e se alimentar. A necessidade de alimentar-se implica um problema: produzir um instrumento que possibilite a realização de uma atividade para sua subsistência. A lança não existe na natureza, mas objetos cortantes existem, e ao ligar essa informação e projetar no processo de trabalho a possibilidade de criar um instrumento de caça que pode cortar e ser usado nessa atividade, somente é possível ocorrer ao atribuir um valor de uso ao objeto. Decorrente de sua característica cortante, o objeto torna-se não indiferenciado, isto é, possui valor para o ser humano ao ser instrumento para uma atividade, assim, a pedra, o cipó e o pedaço de madeira deixam de ser meros objetos soltos na natureza e se tornam matéria bruta para a produção da lança, assim satisfazendo a necessidade de um instrumento para a caça e, conseqüentemente, para a satisfação da necessidade de alimentar-se. Nesse mesmo exemplo, a pedra que se torna matéria bruta pode ser lascada para se que o corte seja eficiente, assim, passa de matéria bruta para matéria-prima. O mesmo vale para os demais materiais que compõem a lança.

No caso dos metais tratados neste trabalho, podemos pensar da seguinte forma: o lítio e o cobre metálicos em forma pura não existem na natureza, o cobre pode existir em forma metálica elementar mas não pura, portanto, suas fontes são matérias brutas dispostas na natureza. No caso do lítio, como comentado anteriormente, é encontrado na forma mineral, sendo necessário obter o mineral para transformá-lo em uma fonte de lítio metálico ou outro sal que possa ser usado. Devido à reatividade do metal, sais de lítio são mais utilizados, assim, espodumênio e petalita, por exemplo, são matéria bruta, enquanto o carbonato de lítio ou o carbonato de lítio são matéria-prima. A forma com a qual se distribui o produto do

trabalho, o que inclui a extração da matéria bruta e matéria-prima, em toda a sociedade no globo é compreendido como o processo de distribuição (Harnecker, 1973). Esse processo é desigual no capitalismo, a divisão social do trabalho acarreta na desigual atribuição do valor do trabalho, enquanto toda a produção é apropriada pela classe dominante desse sistema, à classe dominada é relegada uma fração desse produto e, conseqüentemente, de seu valor.

2.3 A dialética singular-particular-universal para o entendimento da prática social

A análise seguirá a partir do escopo da PHC e do MHD apresentados no capítulo anterior, tendo por base a categoria de contradição e a dialética singular-particular-universal.

A prática social é o ponto de partida e de chegada do e para o processo educativo, sendo necessário conhecê-la. Para Saviani (2019, p. 178), conhecer implica compreender as relações sociais, trata-se de “captar o movimento que nos permite entender como nasceu essa sociedade; de onde ela surgiu; como se encontra estruturada; quais as contradições que a movem definindo as tendências de seu desenvolvimento”. Conhecer a prática social é, portanto, determinar suas relações sociais, contradições que movimentam essas relações e sua tendência de desenvolvimento. A prática social possui dois aspectos necessários em sua compreensão. O primeiro é o meio de produção da existência humana, isto é, o meio no qual o ser humano é condicionado por necessidades, dominando elementos da natureza para satisfazê-las (Saviani, 2000). O segundo diz respeito à historicização, processo pelo qual se resgata os valores historicamente situados de um objeto, em outros termos, trata-se de compreender quais as necessidades que o ser humano possui em determinado espaço e tempo que o levou a produzir, reproduzir e incorporar aquele objeto como parte de si (Saviani, 2011).

A categoria de prática social demarca a concretização do ato educativo, isto é, o fundamento e a finalidade do trabalho educativo é a prática social, a participação política ativa dos indivíduos humanizados em seu coletivo para a transformação social (Saviani, 2021). Não se trata, portanto, de uma associação irrefletida dos conceitos científicos ao cotidiano, simplificando as relações sociais envolvendo esses conceitos como tentativa de contextualização, por vezes com o uso do cotidiano como exemplificação simplificada do conceito, como vêm ocorrendo

na área de Educação em Química (EQ) (Wartha; Silva; Bejarano, 2013; Colturato, 2021). Trabalhos que incorporam a PHC também apresentam uma concepção de cotidiano como ponto de partida para o ensino, entendendo-o como exemplificação ou contextualização de um conceito científico, o que não representa a categoria de prática social em sua totalidade (Colturato, 2021; Massi; Colturato; Teixeira, 2022). Não é, por exemplo, associar o conceito de oxidação ou redução às baterias de lítio nos celulares como exemplificação de algo próximo aos estudantes, mas pensar quais regiões o lítio é encontrado, de que forma é minerado, quais condições de trabalho dos mineradores, de que forma é distribuída a produção de lítio, quais empresas estão envolvidas na mineração, quais impactos possui, etc.

Saviani (2021) apresenta essa categoria em um conjunto de aspectos que compõem o trabalho educativo, entendido aqui como “ato de produzir, direta e intencionalmente, em cada indivíduo singular, a humanidade que é produzida histórica e coletivamente pelo conjunto dos homens” (Saviani, 2011, p. 13), são eles, em sequência: prática social (inicial), problematização, instrumentalização, catarse e prática social (final). A identificação da prática social, bem como os elementos essenciais que a constitui, são aspectos centrais para a orientação do trabalho educativo no processo de ensino-aprendizagem, objetivando um ensino que possibilite a identificação dos problemas vigentes na sociedade existente (problematização), os instrumentos teóricos e práticos necessários para a dissolução dos problemas (instrumentalização) e sua incorporação como parte constituinte do sujeito humanizado pelo trabalho educativo (catarse) (Saviani, 2019, 2021; Galvão; Lavoura; Martins, 2019). A sequência apresentada por Saviani (2021) representa, na verdade, uma analogia com outras correntes pedagógicas que visa mostrar que tais sequências não são dialéticas, propondo que o ponto de partida e de chegada é o mesmo para a PHC: a prática social.

O trabalho educativo, portanto, é mediação na e para a prática social, parte dela para identificar e compreender os problemas da humanidade, a fim de transformar socialmente a realidade objetiva em que estão inseridos. Mediação aqui é entendida dialeticamente, para Saviani (2019), essa categoria é central na PHC porque representa a recíproca relação entre o indivíduo e o gênero humano, de modo que cada sujeito possa, por meio do trabalho educativo, acessar os conhecimentos sistematizados produzidos historicamente e acumulados socialmente

na prática social, incorporando-os em seu cotidiano e na luta coletiva para a transformação social.

O gênero humano representa a totalidade da riqueza histórico-social produzida, dessa forma, toda objetivação é genérica, a ser apropriada por indivíduos, consoante Duarte (2013), em um processo de formação do indivíduo singular como ser genérico. Tal processo ocorre tanto pela esfera das objetivações genéricas em si, o que inclui o cotidiano para a reprodução do indivíduo, quanto pela esfera das objetivações genéricas para si, o que inclui a arte, a ciência e a filosofia para a reprodução social, representando o grau de desenvolvimento histórico-social humano em sua prática social e o grau de liberdade de atuar nela (Duarte, 2013).

Essa relação entre a singularidade do indivíduo e a universalidade do gênero humano é mediada pela particularidade do trabalho educativo. A singularidade indica aquilo que é condição imediata do objeto ou fenômeno, enquanto a universalidade representa esse objeto ou fenômeno em sua totalidade (Pasqualini; Martins, 2015; Colturato; Massi, 2019). A particularidade revela, pois, uma unidade contraditória do objeto, tanto em sua existência singular quanto universal, e é exatamente nessa relação que se encontra o trabalho educativo. A natureza deste trabalho é precisamente permitir aos indivíduos apropriarem-se das objetivações para si como parte de si mesmo, como uma segunda natureza, promovendo um verdadeiro movimento catártico (Duarte, 2013; Saviani, 2019).

Aqui reside a importância da categoria de contradição, da qual decorre uma regra metodológica do MHD: para a determinação do que é concreto – em nosso caso, a exploração de lítio na América Latina para produção de baterias e seu posterior descarte –, é necessário descobrir as contradições (Lefebvre, 1991). Para o autor, descobrir a contradição principal que desemboca nas demais permite desvelar relações que podem ser conhecidas, descritas e explicadas. A dialética singular-particular-universal, nesse caso, possibilita descrever as contradições em seus elementos constituintes, desde aspectos em que prevalecem a reprodução individual, o cotidiano (por exemplo, a necessidade de um trabalho assalariado como condicionante do capitalismo para a sobrevivência da classe trabalhadora), ou a reprodução social, o não-cotidiano (por exemplo, a necessidade dos conhecimentos que tornam possível interpretar a situação de exploração que a classe trabalhadora vivencia).

A partir dessas relações, é possível delimitar problematizações da prática social e instrumentos teóricos e práticos para o processo de ensino-aprendizagem.

CAPÍTULO 3 - DA EXTRAÇÃO À LÓGICA MERCADOLÓGICA DA CADEIA PRODUTIVA DO LÍTIO E DO COBRE

Este capítulo trata da cadeia produtiva do lítio e cobre, abrangendo inicialmente suas características e propriedades, em seguida, discute-se as etapas de sua cadeia produtiva e, por fim, discute-se as relações sociais envolvidas nessa cadeia.

3.1 Uma breve apresentação das características, propriedades e usos do lítio e cobre

O lítio (Li) é um elemento químico metálico alcalino localizado na segunda linha e primeira coluna da tabela periódica, de número atômico igual a 3 e número de massa igual a 6,941 u. Ele não ocorre naturalmente, por ser muito reativo, liga-se a outros elementos químicos para formar substâncias, em sua maioria minerais e pedras, por isso seu nome deriva do grego *lithos*, que significa pedra (Braga; Sampaio, 2008).

Inicialmente descoberto por Arfwedson em 1817, só foi isolado por eletrólise do cloreto de lítio fundido em 1855 por Bunsen e Matthiessen (Braga; Sampaio, 2008). Há muitos minerais e rochas magmáticas que possuem lítio em sua composição, entretanto, as de maior interesse comercial hoje são o espodumênio ($\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$), a petalita (LiAlSi_4O) e outros minerais ocorrem na forma de evaporitos, dispostos em salmouras naturais com alto teor de lítio (Braga; Sampaio, 2008), formando paisagens próprias, como os salares de Hombre Muerto (Argentina), de Uyuni (Bolívia) e do Atacama (Chile). Apesar da produção de lítio ter iniciado com empresas alemãs e francesas ainda no final do século XIX, o EUA passam a liderar sua produção a partir da década de 1930, com destaque para a Foote Mineral Co. e a Lithium Corporation of América (LITHCOA), com outras empresas, também estadunidenses, passando a operar nos salares da Argentina e Chile com a extração de lítio a partir da década de 1980 (Braga; Sampaio, 2008).

Ainda que não ocorra naturalmente, a aparência do lítio em sua forma elementar é metálica branco-prateada, pouco duro e é o mais leve dos metais, com densidade de $0,534 \text{ g/cm}^3$ (Braga; Sampaio, 2008). Não é um metal muito comum, com abundância de cerca de 0,004%, ocorrendo por processos geológicos como a

formação de rochas ígneas, em associação com fontes termais ou encontrado em minerais dispostos em salmouras (Braga; Sampaio, 2008).

O cobre (Cu) é um elemento químico metálico de transição localizado na quarta linha e na décima primeira coluna da tabela periódica, de número atômico 29 e número de massa igual a 63,546 u. Ao contrário do lítio, o cobre é um metal comum e pode ser encontrado tanto em sua forma elementar naturalmente quanto associado a outros minerais como a calcita, muito utilizada na Antiguidade principalmente para construções (Craddock, 1995). Sendo comum e de acesso conhecido, foi amplamente utilizado em atividades econômicas diversas, destacando-se na produção de armamentos, utensílios domésticos, ferramentas e adornos por sua alta maleabilidade e ductilidade (Alfonso-Goldfarb *et al.*, 2016).

A produção de cobre no século XVIII é dominada pela Alemanha tanto na produção de cobre metálico puro quanto em suas ligas de latão e bronze, muito utilizadas na confecção de moedas (Craddock, 1995; Eddy; Klein, 2022). Entretanto, com a Guerra dos Trinta Anos, outros países também começaram a ganhar destaque na produção, como a Suécia e a Noruega, mostrando certa dependência de algumas nações em relação ao cobre como recurso e metal estratégico (Eddy; Klein, 2022; Ramberg, 2022). Esse fato conduziu, no século XIX, aos interesses ingleses em produzir cobre, levando à compra das Minas de Piritas de Tharsis, no sul da Espanha, por John Tennant, um dos fundadores da Tharsis Sulphur & Copper Company, voltada à fabricação de ácido sulfúrico e de cobre (Ramberg, 2022). Por suas propriedades de alta condutividade elétrica, o cobre passa a ser usado em cabeados e fiações elétricas para condução de energia elétrica e funcionamento de sistemas elétricos de lâmpadas na segunda metade do século XVIII (Ramberg, 2022). Com o desenvolvimento industrial à todo vapor na Europa, as colônias e ex-colônias passaram à função de fornecimento de matéria-prima para as atividades industriais europeias, o que leva, no caso específico do cobre, o México ao posto de país com maior atividade mineradora do metal na América Latina (Ramberg, 2022).

Atualmente, o lítio é usado, em sua maior fração de produção, na confecção de baterias de íons-lítio, sendo estimado que até 2030 a fração de sua produção voltada ao segmento de baterias seja de 75%, somando o uso dessas baterias para mobilidade elétrica (veículos elétricos) ou para armazenamento de energia em larga escala (Vale, 2021). O cobre, ainda que não seja mais o metal de maior produção (atrás do ferro e alumínio), continua com ampla aplicação e importância industrial,

sobretudo por suas propriedades de condutividade elétrica e térmica, principalmente em sistemas elétricos (ICA/Procobre, 2018).

3.2 Descrição da cadeia de produção do lítio e do cobre: da matéria-prima à mercadoria

O lítio é encontrado majoritariamente em minerais dispostos em rochas – sendo os mais comuns o espodumênio ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$) e a petalita ($\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$) – ou em evaporitos em salares, na forma de precipitados de sais de lítio (Braga; Sampaio, 2008). Enquanto o minério *in natura* de espodumênio é matéria bruta, após processos de purificação e tratamento industrial (térmico ou eletroquímico, por exemplo), transforma-se em um material com grau de pureza de 99%, neste caso, temos o lítio em sua forma metálica ou algum sal puro deste metal (como Li_2CO_3 ou Li_2CO_3), ou seja, é matéria-prima para outras atividades industriais, como a produção de baterias de íons-lítio. O processo de obtenção de lítio varia conforme a fonte do metal, no caso de serem usados os minerais, ocorrem duas etapas: a lavra e o beneficiamento. A primeira é a extração propriamente dita da fonte mineral (espodumênio, petalita, etc.) em céu aberto, utilizando um líquido para gerar um fluxo que arrasta minerais em escavação ou em níveis de terrenos, técnicas usadas desde a Antiguidade com desnível de rios (Craddock, 1995). O beneficiamento consiste em um conjunto de técnicas para obtenção e separação de grânulos do mineral extraídos a depender do resultado desejado (Craddock, 1995), no caso do lítio as técnicas mais utilizadas são *handsorting* ou catação, separação por meio denso com uso de tambor e a separação magnética de alta intensidade (Braga; Sampaio, 2008).

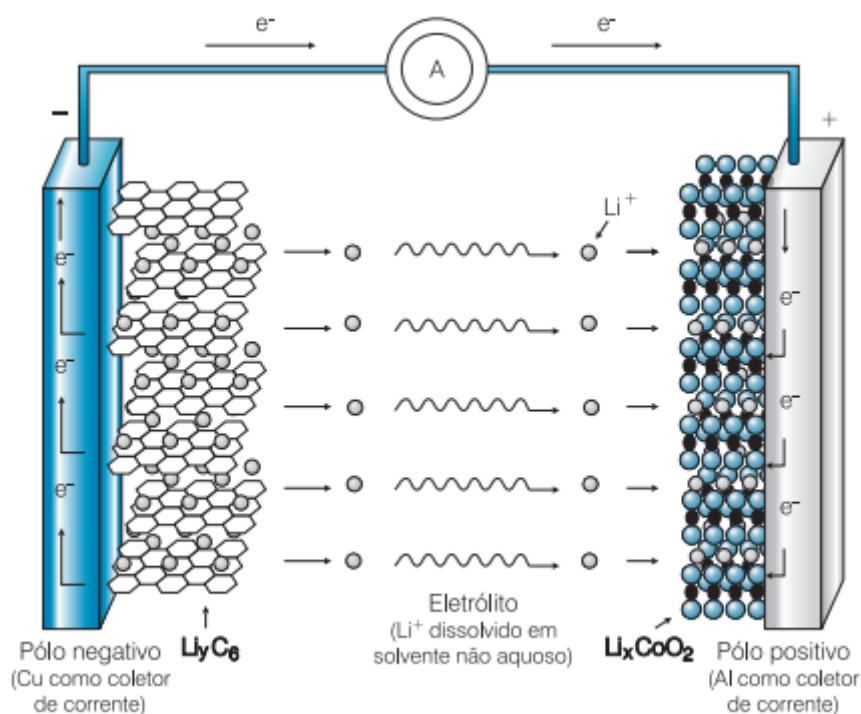
Há duas rotas para obtenção de carbonato ou de hidróxido de lítio. A rota ácida em que “o concentrado de espodumênio decrepitado é sulfatado com ácido sulfúrico e, depois de lixiviado com água, sofre a precipitação do carbonato de lítio, após a reação com a barrilha” (Braga; Sampaio, 2008, p. 592). A rota alcalina, por sua vez, consiste na calcinação do concentrado de espodumênio com cal hidratada, cujo produto é moído e lixiviado com água com posterior cristalização sob forma de hidróxido de lítio (Braga; Sampaio, 2008). Por ser mais caro e a obtenção de lítio ser menor, grande parte da extração desse metal como matéria-prima para outras

atividades industriais, como a produção de cerâmicas e baterias, é realizada a partir de salares.

No caso dos salares, o método é mais barato e simples, bombeando as águas salinas para cavidades que funcionam como lagoas de evaporação, consistindo na precipitação de sais como NaCl, seguido do enriquecimento com potássio, lítio e boro (Braga; Sampaio, 2008). Após sucessivas evaporações para atingir o ponto de saturação em 6% de lítio, obtendo-se sais de lítio com traços de boro e magnésio, é posteriormente purificado para obtenção final de carbonato ou hidróxido de lítio (Braga; Sampaio, 2008).

A maior parte do lítio atende ao setor de baterias com a produção voltada para o território do Chile sob concessões cedidas para empresas australianas, em sua maioria (USGS, 2025). As baterias de íons-lítio são produzidas utilizando o lítio em ambos os eletrodos, tanto no cátodo quanto no ânodo, de modo que enquanto o fluxo de elétrons segue em um sentido, íons Li^+ seguem para o sentido oposto na reação de descarregamento da bateria (Bocchi; Ferracin; Biaggio, 2000). Na Figura 1, temos o esquema de funcionamento do descarregamento de uma bateria do tipo LiCoO_2 .

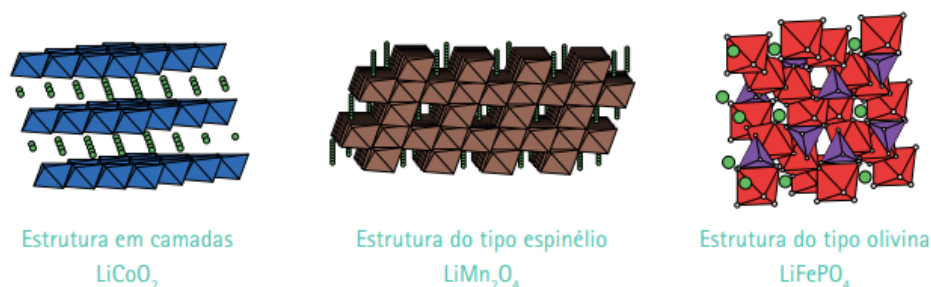
Figura 1. Ilustração esquemática dos processos eletroquímicos que ocorrem nas baterias de íons lítio.



Fonte: Bocchi, Ferracin; Biaggio, 2000, p. 8.

Além desse tipo, temos alguns exemplos de estruturas químicas para as baterias de íons-lítio do tipo LiMn_2O_4 e LiFePO_4 (Figura 2), confeccionadas para compor o eletrodo do polo positivo, assim como o tipo anterior esquematizado.

Figura 2. Exemplos de estruturas de óxidos de metais de transição contendo lítio utilizados como catodos em baterias de íons lítio. As esferas verdes representam os íons lítio.



Fonte: Santos, 2018, p. 70 (adaptado de Thackeray (2002)).

O funcionamento das pilhas e baterias de lítio durante seu descarregamento pode ser representado pelas semi-reações de oxidação e redução abaixo (Bocchi; Ferracin; Biaggio, 2000). A inversão da reação de descarregamento, isto é, da reação global – bem como das suas semi-reações –, é a reação de carregamento da bateria de íons-lítio.

Ânodo: $\text{Li}_y\text{C}_6(\text{s}) \rightarrow \text{C}_6(\text{s}) + y\text{Li}^+(\text{solv}) + y\text{e}^-$

Cátodo: $\text{Li}_x\text{CoO}_2(\text{s}) + y\text{Li}^+(\text{solv}) + y\text{e}^- \rightarrow \text{Li}_{x+y}\text{CoO}_2(\text{s})$

Reação global: $\text{Li}_x\text{CoO}_2(\text{s}) + \text{Li}_y\text{C}_6(\text{s}) \rightarrow \text{Li}_{x+y}\text{CoO}_2(\text{s}) + \text{C}_6(\text{s})$

Com o consumo de baterias, há também o seu descarte, ainda mais quando se considera uma dinâmica de consumo em que produtos de uma nova linha passam a circular no mercado, levando os de gerações anteriores a serem ultrapassados (Mészáros, 2011). Como essa é a dinâmica do mercado no capitalismo, o descarte dessas mercadorias ao serem substituídas por novas é inevitável, podendo ou não serem recicladas. Há três processos principais para recuperação de lítio e outros metais de interesse, como cobalto e manganês, são elas: pirometalurgia, hidrometalurgia e reciclagem direta. Segundo He *et al.* (2024), a maioria dos estudos sobre reciclagem dos metais componentes das baterias concentram-se na hidrometalurgia (55 artigos), seguido da reciclagem direta (24

artigos) e da pirometalurgia (7 artigos), sendo este provavelmente o processo de menor interesse industrial pelo seu alto custo.

A pirometalurgia é um processo de extração de metais a partir do uso de aquecimento a altas temperaturas rigorosamente controladas, com adição de sais que reagem com frações da mistura e resulta na separação de metais desejados (He *et al.*, 2024). Essencialmente, a partir da revisão de He *et al.* (2024), a pirometalurgia pode ser dividida em duas etapas principais: o descarregamento e desmantelamento dos componentes da bateria para obter frações que serão levadas ao forno com temperatura pré-determinada (varia de acordo com cada tipo de bateria e ainda há estudos para verificar a melhor temperatura para o processo ocorrer com maior eficiência energética); e a calcinação, processo metalúrgico propriamente dito, em que as frações desmanteladas são aquecidas até sua separação em diferentes fases da mistura resultante, originando a escória (*slag*) de fósforo, flúor e alumínio, os gases da exaustão do processo (o que inclui gases poluentes, como o CO₂) e os componentes separados em duas fases, podendo ser novamente separados metal por metal e obtidos em sua forma pura. A taxa de recuperação de lítio depende dos procedimentos adotados, chegando à 98,83% com 99,13% de pureza, com possibilidade de recuperação de outros componentes metálicos e não-metálicos, 95,75% para o cobalto e 91,05% para o grafite (He *et al.*, 2024).

No caso da hidrometalurgia, processo mais empregado na reciclagem das baterias de íons-lítio, há quatro etapas principais: descarregamento e desmantelamento; pré-tratamento; lixiviação; e extração. A primeira etapa consiste no mesmo processo da pirometalurgia, servindo para separar os componentes dos eletrodos que são de interesse para reciclagem. No pré-tratamento, são feitos diferentes processamentos mecânicos, dissolução por solvente, tratamento térmico ou solução alcalina, a fim de obter grânulos dos componentes para que, na etapa de lixiviação, o fluxo de água possa dissolvê-los e, assim, obter uma solução a partir da qual se faz a extração de metais (He *et al.*, 2024). Nesta última etapa, os metais podem ser obtidos em sua forma metálica elementar ou como sal do metal, há três tipos principais de métodos para obtenção do metal de interesse: extração por solvente; precipitação química; e eletroquímico.

No primeiro método, extração por solvente, utiliza-se um agente extrator para que sejam formados complexos de coordenação com os metais, podendo

coletá-los e sintetizar os eletrodos correspondentes, tendo em vista o alto custo para formar uma fonte de lítio em escala suficiente para produzir novamente a bateria (He *et al.*, 2024). No caso do método de precipitação química, adiciona-se um componente – normalmente, utiliza-se compostos de sódio (Na_2CO_3 , NaOH , $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ e Na_3PO_4) – para reagir com os metais em solução a fim de formar precipitados e que, neste caso, apresenta certo grau de impureza, podendo resultar em produtos sólidos de lítio, Li_2CO_3 e Li_3PO_4 , com uma taxa de recuperação de lítio em torno de 74,72% e 92,21%, respectivamente (He *et al.*, 2024). Por fim, o método eletroquímico induz uma corrente elétrica para deposição de Co^{2+} , podendo obter filmes, ligas ou multi depósitos de cobalto metálico, que podem ser utilizados para sintetizar novos eletrodos, sendo vantajoso por apresentar menor grau de impureza e não precisar de adição de reagentes, com uma desvantagem decorrente do seu alto custo de energia (He *et al.*, 2024).

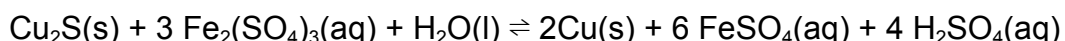
Por fim, a reciclagem direta é um método recente e ainda pouco estudado, cujo objetivo é obter um processo de reciclagem com a menor alteração possível em relação ao produto original (He *et al.*, 2024). De modo simplificado, este método consiste na remoção dos agentes aglutinantes e outros componentes contidos nos eletrodos possibilitando a separação dos materiais ativos do cátodo (He *et al.*, 2024). Ainda em estudo, não há consenso sobre métodos que possam evitar plenamente a evaporação de eletrólitos ou a recuperação completa de grafite, tendo em vista que a maior parte das baterias são produzidas com este material, ainda que haja propostas para reciclagem do grafite, por exemplo, o fator financeiro impede sua execução em larga escala (He *et al.*, 2024).

O cobre, por sua vez, é um metal conhecido pela humanidade desde tempos antigos, sendo possivelmente um dos primeiros metais a serem trabalhados em metalurgia junto ao ouro, prata, ferro e estanho (Craddock, 1995). Este metal pode ser encontrado em sua forma nativa, formado geologicamente por duas vias: a primária e a secundária. A formação primária de cobre ocorre por redução de sulfeto de cobre (I) por soluções hidrotermais em presença de ferro nas rochas basálticas (primeira equação), enquanto a formação de cobre secundária ocorre por degradação de minerais de cobre que contém sulfetos do metal na presença de sulfatos de ferro (III), que ocorrem na zona de enriquecimento de sulfeto (segunda equação), formando a zona de oxidação, região próxima à superfície e com maior contato com a atmosfera, possibilitando a oxidação do metal (Craddock, 1995). Não

é incomum, portanto, encontrar resquícios e traços de enxofre e ferro em cobre nativo ou mesmo composições de sulfeto e de ferro absorvido nesse minério (Craddock, 1995).



(Equação 1)



(Equação 2)

As primeiras atividades mineradoras de cobre datam do nono milênio AEC, com o cobre sendo explorado na forma mineral semi-preciosa, como a malaquita, e, no oitavo milênio AEC, em Cayönü Tepesi (Turquia), a mineração de cobre começa a ocorrer em sua forma nativa rica em arsênio (em torno de 0,87%) (Craddock, 1995). O trabalho de metalurgia com cobre nativo começa de fato a ocorrer apenas a partir do sétimo milênio AEC, em Tell Magzallia (Irake), com a forja do metal a frio, produzindo folhas que seriam enroladas em tubos apertados, recozidos posteriormente para confeccionar furadores ou ganchos (Craddock, 1995). O cobre nativo seria tratado com martelamento seguido de recozimento à quente, com calor que atinge temperaturas de 1.100°C a partir do uso de carvão.

Até aqui, temos três técnicas de metalurgia: a forja, a fusão e o recozimento. A forja é o trabalho de martelamento do metal para assumir uma forma específica, podendo ser a frio, trabalhando diretamente o material, ou a quente, com aquecimento até incandescer e posterior martelamento (Tylecote, 1992). O recozimento é uma técnica empregada para aquecer o material e, em seguida, resfriá-lo, normalmente em água (Tylecote, 1992). A fusão é o derretimento do metal em sua temperatura de fusão no cadinho de argila, cujo líquido produzido pode ser transferido para um molde de argila, pedra ou metal para obter formatos desejados ao trabalho de forja ou diretamente ao comércio (Tylecote, 1992).

A atividade que se segue é a fundição do metal no forno com obtenção do metal puro, podendo ou não ser despejado em moldes. Para a execução desse trabalho, é necessário a adição de alguns reagentes para que ocorra a separação do cobre e dos resíduos gerados pela fundição (escória), reagentes esses chamados de agentes de fluxo ou simplesmente fluxo, como é o caso dos óxidos de ferro e da

sílica (Tylecote, 1992). A escória é composta majoritariamente dos resquícios do fluxo e de cinzas, podendo ser classificada em escória interna, que contém óxidos de cobre (parte que é perdida na fundição) e óxidos de ferro, além de constituintes do próprio cadinho (sílica), originando um complexo de sílica com estes metais; e a escória externa, que contém o produto resultante da reação entre as cinzas da madeira e a argila do cadinho (Tylecote, 1992).

O funcionamento do forno de fundição depende de alguns fatores e de sua estrutura. Como explicado, o forno possui uma forma específica de chaminé ou de tigela e deve estruturar-se com uma abertura para abastecer com combustível e um orifício para inserção de um objeto denominado *tuyere* (Craddock, 1995). O tuyere, feito normalmente de argila, é um cano cilíndrico que permite a conexão entre a área interna do forno para a externa, adjunto a um fole, regula o fluxo de ar do forno (Tylecote, 1992; Craddock, 1995). Geralmente, os fornos são compostos de pares de tuyeres, cujo ângulo em relação à base do forno é de cerca de 25° a 30°, provavelmente, tendo sido desenvolvido a construção dessa forma para a realização de copelação e controle de O₂ (Tylecote, 1992).

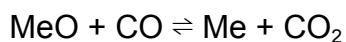
A copelação é uma técnica que permite a separação dos metais mais e menos densos, o que coincide com os metais conhecidos como preciosos e comuns, respectivamente (Tylecote, 1992). Essa técnica consiste em produzir uma corrente de ar no forno que afete o material a ser fundido na zona de fundição, de modo que os metais mais densos caem para a escória e os menos densos se desprendem na superfície, como não ocorre reação entre os metais mais densos e a escória, eles ficam retidos na superfície ou nos espaços disponíveis na região da escória (Tylecote, 1992; Craddock, 1995).

Com base nessas operações e características, podemos dividir o forno em dois setores de operação: o setor de combustível, em que se regula a temperatura do fogo pelo uso de combustível, normalmente carvão; e o setor de fundição, em que ocorre a fundição propriamente dita (Tylecote, 1992). Neste segundo setor, destaca-se que há ainda algumas zonas no cadinho de fundição, a mais superficial é a zona de reação, em que o minério será colocado para fundir; na zona intermediária, encontra-se o fluxo, que, após a fundição, dará espaço à escória; por fim, a zona mais abaixo em que o metal fundido irá escoar (Tylecote, 1992; Craddock, 1995). O metal fundido seria, então, despejado em um molde para o formato de lingote, podendo ser modificada sua forma posteriormente pela forja. Os

moldes eram produzidos de diferentes materiais, o que abrange os moldes de argila, de pedra e de metal (ferro ou bronze) (Tylecote, 1992).

O fluxo de ar que precisa ser mantido para o funcionamento do forno se deve a dois fatores principais. O primeiro é que esse fluxo de ar fornece oxigênio para a queima de combustível, normalmente de carvão (Rehder, 1986; Craddock, 1995). O segundo é que essa quantidade precisa ser direcionada exclusivamente para os combustíveis e não para os metais, isso porque, caso seja direcionado oxigênio para os metais, pode ocorrer reações de retorno ao óxido ou a formação de complexos do metal com a escória, afetando o rendimento da fundição (Craddock, 1995). Esse também é o motivo da angulação dos tuyeres e de não construírem especificamente uma área para dissipar a fumaça.

Essas informações contém a base do funcionamento de fundição nos fornos, em que é necessário manter uma quantidade de oxigênio para queima do carvão, controlando-o para evitar a combustão completa e a reação paralela com os metais em fundição, conforme reação genérica a seguir em que Me representa um metal qualquer (Craddock, 1995).



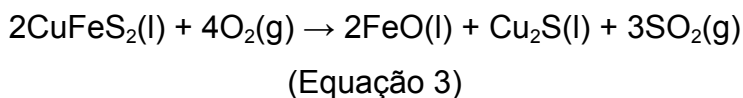
(Equação 3)

É necessário a todo processo de fundição que o ambiente interno do forno, além de garantir uma temperatura acima do ponto de fusão, esteja rico em monóxido de carbono e com quantidade de oxigênio suficiente para queimar o combustível, mas sem que ocorra sua combustão completa. Na verdade, essa é a diferença entre a fusão e a fundição: enquanto a fusão ocorre em um intervalo de temperatura que o metal transita sua fase sólida para líquida, a fundição ocorre em temperaturas maiores que a de fusão, com fornecimento de energia suficiente para a formação do metal puro (Tylecote, 1992). O monóxido de carbono age como agente redutor do óxido metálico, produzindo o metal puro e formando gás carbônico no processo. Esse controle interno do forno da quantidade de combustível e comburente é o que permite o controle das condições redutoras para a fundição do metal.

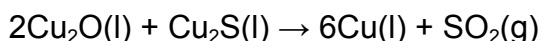
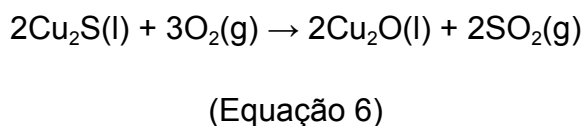
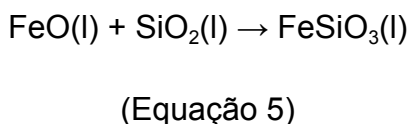
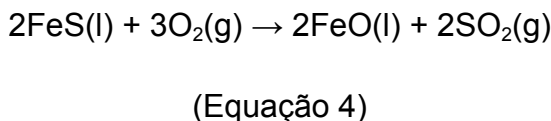
Entretanto, devido à crescente alta demanda pelo metal, principalmente por sua participação essencial no setor de energia após a Revolução Industrial, a produção do minério de cobre não se limita, como na Antiguidade, às áreas mais

superficiais, levando à extração e beneficiamento dos minerais que contém este elemento, com 50% dos seus depósitos associados à calcopirita (CuFeS_2) (Silva *et al.*, 2019). A extração do cobre ocorre por processos metalúrgicos, em caso de minerais com alto teor de cobre, utiliza-se o processo pirometalúrgico, responsável por 80% da produção industrial do minério de cobre, enquanto para minerais com baixo teor de cobre, é usada a hidrometalurgia, correspondente aos 20% restantes (Silva *et al.*, 2019).

Extraíndo o mineral de cobre, como a calcopirita, objetiva-se reduzir o estado de oxidação do cobre para obtê-lo em sua forma metálica elementar, podendo ser matéria-prima para as demais atividades industriais, como fios e tubos para redes elétricas, equipamentos eletroeletrônicos e sistemas de energia elétrica renováveis (ICA/Procobre, 2018). A partir do processo pirometalúrgico exige controle de temperatura e, no caso do lítio varia conforme o mineral usado, como na particularidade do cobre a produção majoritariamente envolve a calcopirita, a temperatura padrão utilizada para o controle da fundição do cobre é de 1.400°C com adição de sílica ao forno, conforme Equação 3 (Silva *et al.*, 2019).



A sílica auxilia na conversão dos remanescentes de FeS em FeO e, ao separar o silicato de ferro líquido da escória, é possível converter parcialmente o Cu_2S em Cu_2O e consequentemente produzir o cobre metálico (Silva *et al.*, 2019). As etapas envolvidas nesta conversão podem ser sintetizadas nas Equações 4 a 7.



(Equação 7)

Com a remoção do silicato de ferro líquido, obtém-se um mate com 40-60% de cobre e após a conversão, obtém-se o cobre blister com 98,5% de grau de pureza, sendo submetido ao refino eletrolítico e obtendo-se cobre metálico com grau de pureza superior a 99,9% (Silva *et al.*, 2019). Esse processo de refino consiste em coletar o cobre anódico (cobre impuro) e submetê-lo à descarga elétrica para obter o cobre catódico (cobre puro), conforme as semi-reações abaixo, respectivamente (Silva *et al.*, 2019).

Ânodo: $\text{Cu(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-}$

Cátodo: $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu(s)}$

O cobre desempenha um papel essencial na instalação de redes elétricas, o que inclui também equipamento e veículos elétricos, isto é, pode ser usado nas redes de condução elétrica para “reabastecer” veículos elétricos ou mesmo equipamentos de uso cotidiano, como celulares e notebooks, além de ter uso direto na fiação de sistemas de energia solar e eólica, por exemplo (ICA/Procobre, 2018). Por sua versatilidade e aplicabilidade ampla, o cobre passa a ser uma *commodity* essencial para diversos setores da indústria, o que inclui o automobilístico e energético, como mencionado, abrangendo os veículos elétricos e sistema de energia com fontes renováveis (ICA/Procobre, 2018). Segundo a ABCobre (2023), o consumo aparente de condutores elétricos de cobre cresceu 7,3% em 2022, aumento expressivo uma vez que, comparando o intervalo de 2007 a 2022, o consumo aparente destes condutores cresceu apenas 0,3%. Isso significa que a demanda por condutores de cobre sofreu uma grande expansão, indicando uma necessidade de se produzir mais condutores e, conseqüentemente, de cobre.

Pensando especificamente nos carros elétricos, além das baterias de íons-lítio, há cerca de 68 a 81 kg de cobre e suas ligas nestes veículos, número três vezes maior que o encontrado em veículos tradicionais (Reis *et al.*, 2019). Pelo fato do cobre poder ser recuperado facilmente para reintrodução na cadeia produtiva, é considerado o metal com maior índice de reutilização e infinitamente reciclável (ABCobre, 2020). A produção de derivados de cobre utilizam cobre reciclado a partir de sucata, com exceção dos fios e cabos para sistemas, equipamentos e redes

elétricas, produzidos com cobre refinado (ABCobre, 2020). A reciclagem do cobre está esquematizada na Figura 3.

Figura 3. Esquema de reciclagem do cobre.



Fonte: Cobresul (2022).

A reciclagem do cobre consiste em duas vias possíveis, ou diretamente pela sucata industrial, ou pelos resíduos do consumo de produtos que contém cobre, como restos de fiação, placas de baterias, sucata de veículos, entre outros (Reis *et al.*, 2019). A reciclagem pela sucata industrial pode ser feita pela simples fusão, pois o grau de pureza é alto, uma vez que é o montante não utilizado na produção industrial de fios, cabos, vergalhões, etc. (Reis *et al.*, 2019). No caso da sucata comum, por ser misturada a diversos outros resíduos, passa por um processo de triagem para separação dos componentes e, posteriormente, por eletrólise pode ser obtido cobre com um grau de pureza mais elevado (Reis *et al.*, 2019). Toda essa malha mostra que há uma indústria da reciclagem de cobre rentável e que acaba por diminuir custos de produção.

Mostramos, nesta subseção, como funciona a cadeia produtiva envolvendo o lítio e o cobre e suas aplicações no que refere-se ao armazenamento de energia (pilhas e baterias de íons-lítio) e condução elétrica (fios e cabos de cobre), desde sua extração, distribuição e circulação ao consumo, descarte e reintrodução na cadeia. Desde patentes que oferecem proteção jurídica legal para sigilo industrial à lógica de reciclagem que sustenta a reintrodução de materiais na cadeia produtiva

que ainda mantém uma relação predatória com o meio ambiente, os conceitos químicos discutidos aqui permitem pensar algumas questões sobre a lógica mercantil e exploratória do capitalismo, que se estende até seu caráter colonial, racista e de classe.

3.3 Problematizações a partir da prática social envolvendo a cadeia de produção do lítio e cobre: do controle técnico-científico à exploração de povos indígenas e locais

A cadeia produtiva do lítio e do cobre é altamente articulada, isto é, são cadeias de produção circulares e que pretendem o retorno do que foi descartado ao início da cadeia. Em parte, como comentado no primeiro capítulo, porque integram os minerais críticos que são essenciais à transição energética, ao diminuírem o uso de combustíveis fósseis e aderirem à sustentabilidade. Assim, o custo de reintrodução desses dois metais na cadeia compensa pelo lucro obtido no consumo de suas mercadorias derivadas, como veremos na subseção posterior, há tendência de aumento de seu consumo justamente por conta da transição energética.

Entretanto, como destacado por Magalhães (2023) e Messeder Neto (2021), a produção não é feita no vácuo, a cadeia produtiva destas mercadorias (baterias íons-lítio e fios/cabos de cobre) são feitas pelas mãos da classe trabalhadora, por vezes em condições desumanizantes de trabalho. Como discutido no primeiro capítulo, há uma desigualdade na cadeia produtiva ao estabelecer a hierarquia entre países que exportam a matéria-prima e aqueles que exportam os produtos industrializados, condicionando os países a uma configuração de dependência do capital estrangeiro da periferia em relação ao centro capitalista. Esta subseção apresenta uma discussão sobre a prática social envolvendo o lítio nas baterias e o cobre nas fiações elétricas como necessários para a transição energética, mas que se tornaram objeto da capitalização da iniciativa privada.

A cadeia produtiva do lítio e do cobre, assim como outras, não podem reduzir-se à si mesmas, nem serem pensadas de forma isolada. A divisão social do trabalho internacional, em que a extração e tratamento de matéria bruta para matéria-prima é relegada à periferia do capitalismo, enquanto o desenvolvimento e inovação tecnológicos é realizado pelo centro do capitalismo, acentua as

desigualdades no âmbito nacional e as hierarquiza com a dialética da dependência (Marini, 2000; Santos, 2020).

Tomemos de exemplo, além dos descritos no primeiro capítulo, o caso particular do Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais. O estado brasileiro foi uma região de grande importância mineral desde o Brasil Colônia, ganhando ainda mais notoriedade com a necessidade da Usina Santo Amaro (USAM), na década de 1970, em obter lítio a partir de seus minerais disponíveis, neste caso particular, começando pela amblygonita, cujo processamento era feito por catação manual ou garimpo (Tonnesen; Luz; Braga, 2010). Na década de 1980, foi criada a Companhia Brasileira de Lítio (CBL), tendo em vista a:

[...] disponibilidade de matéria-prima (espodumênio); existência de mercado promissor, caracterizado pela dependência das importações; incentivos do Governo Federal e Estadual e oportunidade de investimento no setor produtivo, uma vez que, o setor especulativo financeiro estava paralisado (Plano Cruzado) (Tonnesen; Luz; Braga, 2010, p. 240).

Em 1986, inicia-se o processo de concentração do mineral de espodumênio no município de Araçuaí, em Minas Gerais, expandindo para Itinga, em 1991, no mesmo estado (Tonnesen; Luz; Braga, 2010; Santana; Moreira, 2025). Em 2023, a empresa canadense Sigma Lithium passou a operar minas de extração e processamento de espodumênio nas duas regiões municipais para venda da matéria-prima para outras empresas interessadas em produção de veículos elétricos a base de baterias íons-lítio, como a chinesa BYD e a estadunidense Tesla (Santana; Moreira, 2025). O fato da Sigma Lithium passar a operar na exploração mineral de lítio ilustra a entrada de capital estrangeiro e a lógica colonial em que opera o capitalismo dependente, uma vez que a partir da extração dessa matéria-prima e sua venda para produtoras de veículos elétricos faz com que, um país de volumosa malha rodoviária como o Brasil, tenha de importá-los. É uma relação de dependência do Brasil para com o capital estrangeiro que extrai e processa o espodumênio para lítio como matéria-prima (hidróxido ou carbonato de lítio) e com os produtos industrializados de maior valor agregado, como as baterias de íons-lítio e estas aplicadas a outras mercadorias, como os veículos elétricos.

Outro aspecto que ilustra é o fato do lançamento do projeto “Vale do Lítio”, em maio de 2023, pelo governo estadual de Minas Gerais (Romeu Zema) em conjunto com o Ministério de Minas e Energia (MME), na Nasdaq, em Nova York,

maior bolsa de valores de inovação tecnológica (Oliveira, 2024). Segundo a autora, em entrevistas realizadas com moradores dos municípios atingidos pela mineração de lítio, constatou-se não haver canais de comunicação oficiais do governo que consultassem a população, logo, não havendo mobilização do governo em comunicação com a região afetada. Para a autora, a resposta do governo ao questionamento sobre consequência da execução do projeto na região corrobora para a hipótese da ausência de um projeto estruturante que associe a exploração de lítio ao desenvolvimento das áreas afetadas.

Dentre as comunidades afetadas pela exploração mineral do lítio, há a comunidade indígena na Terra Indígena Cinta Vermelha de Jundiba, no município de Araçuaí (Oliveira, 2024). Há reclamações sobre poluição sonora e atmosférica, além de práticas de assédio contra mulheres da região, como conta Uakyrê Pankararu-Pataxó:

Na região tem muito problemas respiratórios causados pela poeira, muita gente não consegue dormir porque as máquinas da Sigma fazem muito barulho. E prejudicam as mulheres, a gente vê muito assédio acontecendo por parte de trabalhadores de fora que vão para lá (Sinimbú, 2025, n. p.).

Apesar do aumento na arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) em 88,3%, não houve retorno significativo para a população do município (Sinimbú, 2025). Além disso, para a operação da mineração ser possível, é necessário o desmatamento da área para instalação e abertura da mina, o que, além da perda de biodiversidade e impactos na paisagem, pode afetar a qualidade do solo e alterar a dinâmica hídrica (Cáritas Brasileira, 2024). Se a região sofre de escassez hídrica, como o caso dos dois municípios, a exploração mineral de lítio agrava a crise hídrica pelo alto consumo de água,

Para cada tonelada de lítio, são necessários dois milhões de litros de água. Isso significa que para construir a bateria de um carro elétrico, que tem em média oito quilos de lítio, são necessários 16.000 litros de água. A Sigma Lithium, que já explora na localidade desde o início de 2023, deve consumir cerca de 42 mil litros de água por hora (Cáritas Brasileira, 2024, n. p.).

Além disso, o processo de extração, processamento e beneficiamento dos minérios emitem poluentes, de modo que a mineração corresponde a 7% da emissão de gases do efeito estufa, a um máximo de 28% (Cáritas Brasileira, 2024). Como essas empresas são estrangeiras, os impactos gerados pela atividade

mineradora assolam as populações locais, logo, a periferia do capitalismo, enquanto sua atividade gera receita lucrativa e deslocam os produtos industrializados para fora do país, como os carros elétricos. Esta é a face do racismo ambiental em que se estrutura o capitalismo dependente (Jesus, 2022).

O caso brasileiro, embora apresente as problemáticas vivenciadas no cotidiano das comunidades indígenas de Araçuaí, não é o maior produtor de lítio no mercado internacional. O triângulo do lítio – Argentina, Bolívia e Chile –, com as maiores reservas desse metal, apresenta uma característica em comum, juntamente à América Latina como um todo, sobre a exploração de seus minerais críticos, em especial o próprio lítio e o cobre: a alienação territorial (Araóz, 2020). Voltemos um pouco às raízes históricas latino-americanas. A Europa passava por um momento de crescimento urbano e comercial intenso a partir do século XV, emerge-se a necessidade de suas respectivas coroas expandirem seu território para obtenção de recursos naturais, mão de obra e aumento de produção. Essa expansão para novos territórios, chamados por eles de Novo Mundo, a fim de dominar para produção, reprodução e expansão do capital marca o início do capitalismo como modo de produção global (Moran, 2022).

Essas novas necessidades impulsionam os impérios europeus a uma competição para acúmulo de capital e, como consequência, a tentativa de ditar os rumos do comércio entre os impérios a partir de produtos que servem de base para todo o mercado, as *commodities*, com os metais inclusos (Moran, 2022). Acúmulo de capital esse que ocorreu mediante massacres e invasões de territórios de povos originários em todo o continente americano, conduzindo a um processo de escravização desses povos e de negros africanos, o que inclui o trabalho forçado em mineração de cobre, metalurgia e tratamento deste metal, da liga de bronze e de latão (Simpson, 1997).

Desde o império romano padronizando o latão como moeda, muitos objetos passaram a ser produzidos com latão, não substituindo ferro, mas sendo duas produções que ocorriam paralelamente, com foco bélico para o ferro (espadas, facas, adagas, balas de canhão, etc.) e doméstico para o latão (moedas, ferramentas de trabalho, utensílios, etc.) (Simpson, 1997). O uso de cobre passou a ser não somente do metal ou sua liga de bronze, mas concorria com a liga de latão, logo, a produção deste metal precisaria aumentar para atender às demandas do

mercado, esta sendo uma das motivações para o domínio da mineração no Novo Mundo (Moran, 2022).

O processo de catalogação de metais nas novas terras passa a ser essencial para o reconhecimento de recursos naturais possíveis de serem explorados de forma sistemática na relação colônia-metrópole que se formava. Um dos autores, que se torna uma figura importante na história da metalurgia, é Georgius Agricola (1494-1555), com a publicação póstuma do manual *De Re Metallica*, em 1556 (Tylecote, 1992; Craddock, 1995). O saque desses recursos para a metrópole passa a ser a forma de acumulação primitiva de capital na competição entre os impérios europeus, instituindo o fortalecimento da economia monetária, como aponta Galeano (2010, p. 51):

Ernest Mandel fez a soma do valor do ouro e da prata arrebatados da América até 1660, do butim arrecadado na Indonésia pela Companhia Holandesa das Índias Orientais de 1650 a 1780, dos lucros do capital francês no tráfico de escravos durante o século XVIII, dos rendimentos obtidos com o trabalho escravo nas Antilhas britânicas e do saque inglês na Índia durante meio século: o resultado supera o valor de todo o capital investido em todas as indústrias europeias por volta de 1800. Mandel observa que esta gigantesca massa de capitais criou um ambiente favorável aos investimentos na Europa, estimulou o “espírito empresarial” e financiou diretamente o estabelecimento de manufaturas que deram um grande impulso à revolução industrial.

Assim, em toda a América Latina, instaura-se um regime extrativista que forma e acentua desigualdades entre povos locais, originários e negros escravizados desde seu período como colônia e se estende ainda atualmente (Araóz, 2020). Logo, o impulso à revolução industrial de que Galeano (2010) fala reflete o enriquecimento dos impérios europeus a partir de dois aspectos fundamentais que estruturam o capitalismo comercial: o colonialismo e o racismo. Para a Europa, o acúmulo de capital conduz a um excedente que pode ser aplicado no desenvolvimento técnico-científico, logo, uma revolução industrial; ao passo que, nas colônias, em nosso caso particular as latino-americanas, destruição do ambiente, comprometendo fauna e flora, para a abertura de minas que afetam a paisagem e a dinâmica das águas e do solo. Aqui, os casos singulares de exploração de cada colônia revela as particularidades da exploração universalizante do capitalismo, sua divisão hierárquica no mundo entre aqueles que se desenvolvem industrialmente, produzindo novas tecnologias e conhecimentos, e aqueles que

acompanham as consequências da exploração predatória do ambiente e de suas sociedades e comunidades. Em essência, essa é a dinâmica que Araóz (2020) denomina de geossociometabólica do regime extrativista e que permeia a posição geopolítica da América Latina ainda hoje.

A partir do século XIX, a produção industrial aumenta em escalas cada vez maiores, formando setores industriais, dos quais destacam-se o de tintas, o farmacêutico, o de fertilizantes, o elétrico e o de armas à base de nitrocompostos (Ramberg, 2022). A Inglaterra produz diversos processos industriais que resultam no fortalecimento de suas indústrias e na ampliação de seu mercado no globo, um exemplo foi o processo LeBlanc (Ramberg, 2022). As produções industriais tendem ao monopólio de seus produtos por empresas ou corporações que possuem as patentes de seu processo de produção, centralizando a produção industrial de setores em poucas empresas (Ramberg, 2022). A Tabela 1 abaixo mostra alguns dos impérios e sua produção anual de cobre.

Tabela 1. Produção europeia de cobre.

País	Data	Produção anual (em toneladas)
Alemanha (Mansfeld)	1530	2.000
	1770	400
	1790	750
	1800	750
Suécia (Falun)	1550	3.000
	1555-60	2.100
	1665	<2.000
	1710-20	1.000
	1770	<700
Suécia (Östergötland)	1781	100–150
Grã-Bretanha	1560	100
	1712	1.000
	1800	7.000

	1850	22.000
	1880-90	80.000 (auge)*

*Grande parte de cobre impuro refinado importado.

Fonte: Tylecote (1992, p. 110).

Esse crescimento vertiginoso da produção de cobre ao longo do século XIX se explica pelo fato de os sistemas de iluminação elétrica tornarem-se cada vez mais comuns, demandando maiores quantidades de cobre (Ramberg, 2022). Como os países latinos ex-colônias não se industrializam, o cobre era enviado em sua forma bruta ou pouco tratada para os impérios europeus, podendo transformá-los em matéria-prima e outros produtos, no caso do cobre, em fios de condução, latão, arame e pólvora (Ramberg, 2022; Galeano, 2010), chegando aos valores mostrados na Tabela 1 no período do século XIX. No século XX, os impérios europeus iniciam um processo de decadência e, com o período após a Primeira Guerra Mundial, os EUA passam a gradualmente ascender a uma posição hegemônica, com manutenção de empresas de exploração do cobre no Chile, como a Anaconda Copper Mining Co. e a Kennecott Copper Co. (Galeano, 2010). Essas empresas, como discorre o autor, apresentam condições desumanizantes de trabalho:

O salário médio das minas chilenas mal alcançava, em 1964, a oitava parte do salário básico nas refinarias da Kennecott nos Estados Unidos, ainda que a produtividade tanto de uns quanto de outros estivesse no mesmo nível. Não eram iguais, portanto, e nem o são, as condições de vida. Os mineiros chilenos, geralmente, vivem em estreitos e sórdidos quatinhos, separados de suas famílias, que moram em casinhas miseráveis de arrabalde; afastados, decerto, do pessoal estrangeiro, que nas grandes minas habita um universo à parte, minúsculos estados dentro do Estado, onde só se fala inglês e até são editados jornais para sua exclusiva leitura. A produtividade obreira no Chile foi aumentando na medida em que as empresas mecanizavam seus meios de exploração. Desde 1945, a produção de cobre aumentou em 50 por cento, mas o número de operários empregados nas minas reduziu-se a uma terça parte (Galeano, 2010, p. 236).

Apesar da nacionalização de terras no Chile, há incentivos fiscais para a exploração extrativista no país, assim como no Brasil temos as isenções de tarifas para exportação, o Chile aprova, em 1955, a diminuição de impostos com um sistema de tributação decrescente de acordo com o aumento da produção, favorecendo as mineradoras estadunidenses mencionadas (Galeano, 2010). As condições de trabalho mencionadas acima e os incentivos fiscais formam uma

contradição presente na América Latina e que pode ser vista no caso particular do Chile, abrangendo tanto o lítio quanto o cobre, que é o empobrecimento estrutural:

É importante deixar claro, também, que quando falamos de empobrecimento estrutural estamos aludindo a um processo inseparavelmente econômico, cultural e político. O empobrecimento não é um estado, mas um processo. Não é algo estático. Não tem a ver com a carência eventual de certos bens ou com a insatisfação de necessidades, e sim com a deterioração secular, sistêmica, da capacidade produtiva das populações e dos territórios afetados. Trata-se, em resumo, da degradação integral das condições vitais, criativas, de todo um povo, como entidade ecobiopolítica, como cultura vivente (Araóz, 2020, p. 24).

Isso significa que o regime extrativista de exploração mineral, ao enriquecer o eixo dos países centrais do capital, retirando as riquezas dos países periféricos do capitalismo, distribui para estes todas as consequências dessa exploração predatória da natureza, afetando o cotidiano e, conseqüentemente, a reprodução dos povos viventes na América Latina. Esse é o caso da atual exploração não só do cobre, mas também do lítio para a produção de baterias.

Os salares andinos do Chile são exemplos, como mencionado no primeiro capítulo, de como a exploração predatória desses metais por empresas do centro capitalista assenta-se na América Latina e estruturam desigualdades, reforçando a lógica da dependência de capital (Marini, 2000). Esses salares, comuns no deserto do Atacama, estão localizados de 3.600 a 4.800 metros de altitude e há indícios de povoamentos há 13.000 anos, habitando-os essencialmente pela disponibilidade hídrica (Romero; Aylwin; Didier, 2019). As atividades variam entre a criação de lhamas e o cultivo de sementes, como a quinoa, sendo que seu povoamento contraria a ideia antes corrente de que o deserto do Atacama seria uma região sem pessoas (Romero; Aylwin; Didier, 2019). Os povos indígenas Quéchuas e Aymaras que vivem ao norte do Chile praticam a extração de sal dos salares, sendo um saber tradicional que se manteve de gerações anteriores, logo, o conhecimento de extração de lítio por evaporação possui origem indígena (Romero; Aylwin; Didier, 2019).

No século XIX, empresas estrangeiras estabelecem-se na região com concessões para extração de metais, inicialmente cobre e posteriormente lítio, levando à perda de território e de autonomia dos povos indígenas e submetendo-os às condições de trabalho mencionadas anteriormente (Romero; Aylwin; Didier, 2019; Galeano, 2010). A grande problemática se acentua no século XX, envolvendo a

substituição da produção de sal em pequena escala praticada pelas comunidades indígenas a fim de atender suas necessidades pela produção de larga escala na evaporação dos salares a fim de obter lítio, atendendo as necessidades do mercado, transformando o que antes era um povoado indígena com suas necessidades, cultura e cotidiano, em mineiros expostos a condições desumanizantes de trabalho (Romero; Aylwin; Didier, 2019). Além disso, a produção em larga escala leva a um consumo cada vez maior de água, na medida em que a demanda por lítio aumenta. Por exemplo, em 2022, as operações no Salar do Atacama consumiram 73 bilhões de litros de água anuais para produção de 70 mil toneladas de lítio, com perda de 95% da água envolvida no processo, tornando as terras exploradas cada vez mais áridas (Instituto Humanitas, 2025; Wells, 2025).

A empresa chilena Sociedad Química y Minera de Chile (SQM) é controlada pelo capital financeiro estadunidense, sendo privatizada em 1968, e responsável pela mineração em diversos salares no Chile (Romero; Alwyn; Didier, 2019; Alwyn, 2025). Além da ligação ao setor financeiro dos EUA, a SQM possui uma parceria com a estatal Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), maior produtora mundial de cobre, adquirindo direitos de exploração de lítio no salar Salar de Maricunga, no território tradicional do povo Colla (Alwyn; 2025; Bnamericas, 2025). Embora as empresas que extraem lítio no dito “triângulo do lítio” realizem propagandas de sustentabilidade, fato é que para a extração do metal ocorrer é necessário o uso de sistemas de energia para o aquecimento da água e sua evaporação, sendo ainda utilizados combustíveis fósseis (Instituto Humanitas, 2025; Bnamericas, 2025). Há aqui uma contradição, por um lado um forte discurso que promove propagandas de sustentabilidade, mas, por outro lado, interfere na vida cotidiana dos povos indígenas, convertendo seu território indígena em minas cujo trabalho ocorre em condições adversas e com uso de combustíveis fósseis, sem redução efetiva na emissão de carbono (Instituto Humanitas, 2025).

O exemplo brasileiro e chileno, assim como outros que podem ser observados em toda a América Latina, são casos singulares em que o capitalismo se manifesta universalmente. A lógica de dependência do capital estrangeiro estrangula a dinâmica da vida de populações locais e indígenas, afetando seu próprio cotidiano e forma de subsistência, além dos consequentes resultados que a exploração predatória da natureza pelas mineradoras promove. O caso do Chile, em particular, revela uma contradição do conhecimento sobre a transformação da

matéria. Enquanto para os povos indígenas, a evaporação tradicional em pequena escala de salares ocorria para obtenção de sal como uma das atividades nucleares desses povos a fim de garantir sua subsistência, para as mineradoras era uma forma de exploração dos povos originários e da natureza para produção, reprodução e expansão do capital. Nessa prática social, a problematização envolve, portanto, o capitalismo, o colonialismo e o racismo ambiental. Apesar das discussões até aqui envolverem a problematização a partir da extração dos recursos naturais, em nosso caso particular o cobre e o lítio, não se limitam a essa etapa da cadeia produtiva desses dois metais. A produção, consumo e circulação das mercadorias também afetam essa dinâmica, pois são nelas que se manifesta o objetivo da cadeia de produção no capitalismo: os produtos do trabalho como mercadoria, em nosso caso, um deles sendo o carro elétrico movido a baterias de íons-lítio.

Os carros elétricos, alvos principais das propagandas, como discutido no primeiro capítulo, não solucionam o problema da emissão de carbono, apenas invertem a lógica para o uso e responsabilidade individual dos carros. Esse produto não tende a vir para os países latino-americanos, tende a se estabelecer no mercado europeu, estadunidense, etc., países do eixo central do capitalismo que possuem um consumo muito maior de energia elétrica (Wells, 2025). Segundo o Enerdata (2025), em 2023, o consumo de energia elétrica na Europa foi de 3293 TWh, nos EUA de 4709 TWh e, na América Latina em particular, foi de 1572 TWh, destacando-se, ainda, o caso do continente asiático, de 13812 TWh. Esse dado está de acordo com as regiões em que há maior concentração no planejamento e fabricação de carros elétricos movidos à bateria de íons-lítio, onde concentram-se, também, a maioria das patentes desses sistemas automotivos. Esse é um outro elemento importante a ser considerado aqui.

Se o conteúdo da patente é lido como segredo industrial, isso se torna um mecanismo para manutenção do conhecimento como propriedade intelectual privada à serviço das empresas e, com isso, mantém o controle do desenvolvimento e inovação tecnológica:

Os capitalistas tiveram portanto de descobrir outras maneiras de criar e preservar seus tão cobiçados poderes monopolistas. As duas principais manobras a que recorreram foram: uma ampla centralização do capital, que busca o domínio por meio do poder financeiro, economias de escala e posição de mercado, e a ávida proteção das vantagens tecnológicas (que são sempre, como já indiquei, um substituto das vantagens locais) por meio de direitos de

patente, leis de licenciamento e direitos de propriedade intelectual (Harvey, 2005, p. 85).

Muitas das baterias de íons-lítio, por se tratar de formulações patenteadas e, em alguns casos, de segredo industrial, são protegidas para que as empresas que a fabricam mantenham sob seu controle e propriedade intelectual as tecnologias desenvolvidas para sua aplicação, como no caso dos carros elétricos (Santos, 2018). Não à toa, os países que lideram a produção de conhecimento sobre veículos elétricos com bateria de íons-lítio também ocupam as maiores posições de patenteamento de veículos elétricos à base de bateria de íons-lítio, no caso, Japão e Coreia do Sul. Esse é um mecanismo de manutenção de monopólio, garantindo ao país em questão propriedade sobre como produzir aquela mercadoria e como manter aqueles que não a produzem dependentes de sua mercadoria (Harvey, 2005; Santos, 2020).

Isso faz com que, embora seja possível saber o tipo de bateria íons-lítio utilizada em determinado veículo, por se tratar de uma patente, seu modo de produção e confecção ficam protegidos em sigilo enquanto a patente estiver vigente. O que antes era uma acusação dos países do centro capitalista de monopolização do conhecimento por parte da hegemonia inglesa até 1914, torna-se um elemento integrante do discurso desses países para manutenção de sua posição como centros de inovação tecnológica após a Primeira Guerra Mundial (Santos, 2018; Harvey, 2005). Isso também está associado a uma distribuição das patentes. Desde o início da década de 1990, Japão, China, Coreia do Sul e Taiwan lideram em mais de 58% das patentes e o equivalente a 40% da produção de artigos científicos sobre baterias íons-lítio (Bermúdez-Rodríguez; Consoni, 2020). Das 26 montadoras com grande quantidade de família de patentes, 10 delas são japonesas, com destaque para países tradicionais no setor automobilístico, como as alemãs (7), considerando o período de 1996 a 2016 (Bermúdez-Rodríguez; Consoni, 2020).

Destaco também o fato de as 10 empresas líderes no patenteamento de baterias íons-lítio para veículos elétricos serem todas da Coreia do Sul ou Japão, considerando o mesmo período: LG Chem (Coreia do Sul), Samsung SDI (Coreia do Sul), Hitachi (Japão), Panasonic (Japão), Sony (Japão), Sanyo Electric (Japão), Murata Manufacturing (Japão), Mitsubishi Electric (Japão), Toshiba (Japão) e Sumitomo Corporation (Japão) (Bermúdez-Rodríguez; Consoni, 2020). Há também um destaque importante para as áreas em que se realizam as pesquisas sobre

baterias íons-lítio, destacando-se engenharia (41%), energia (19,1%), química (10,8%) e ciência dos materiais (6,8%) (Bermúdez-Rodríguez; Consoni, 2020). No que tange às ciências químicas, há enfoque para materiais e metalurgia, micro e nanoestrutura, química macromolecular e polímeros, química orgânica fina, engenharia química, entre outros (Bermúdez-Rodríguez; Consoni, 2020). Logo, há uma grande concentração de conhecimento sobre produção das baterias de íons-lítio na iniciativa privada, com destaque para a química como área essencial para o desenvolvimento de baterias íons-lítio.

No processo atual da transição energética, a bateria de íons-lítio sendo a principal forma de armazenamento de energia nos equipamentos desenvolvidos e produzidos recentemente, como os veículos elétricos, torna-se essencial para que o imperialismo mantenha uma forte dependência dos produtos industrializados. Os veículos elétricos não são uma novidade industrial recente, na verdade, os primeiros projetos datam do século XIX, junto a diversos outros estudos envolvendo o uso de circuitos elétricos em novas tecnologias (Gomes; Schiavi; Costa, 2021). O primeiro projeto de carro elétrico é de 1832, com bateria recarregável e motor pequeno, mantendo-se em circulação até 1900, quando são introduzidos os carros de motor à combustão, que utilizam combustíveis fósseis (Gomes; Schiavi; Costa, 2021). Com a Revolução Industrial a todo vapor, as tecnologias envolvendo o uso de combustíveis fósseis ganham prioridade de inserção no mercado e, conseqüentemente, os veículos e mesmo os trens movidos a energia elétrica deixam de circular (Bermúdez-Rodríguez; Consoni, 2020). Essa tecnologia fica praticamente estacionada no tempo, voltando a ser discutida somente a partir da década de 1970 ao introduzir os veículos elétricos como alternativa para redução de danos ambientais no mundo e, na década de 1990, se tornando um projeto consolidado na indústria automotiva pela invenção das baterias de íons-lítio (Bermúdez-Rodríguez; Consoni, 2020; Gomes; Schiavi; Costa, 2021).

As patentes, nesse cenário, garantem os direitos de propriedade intelectual sobre as baterias de íons-lítio e seus produtos subsequentes na cadeia de produção. Desde o *Monopolies Act* britânico, em 1642, as patentes possuem um tempo de vida útil equivalente a um múltiplo do tempo de formação dos aprendizes, garantindo que uma parte do recebimento dos direitos que iria para a coroa britânica seja partilhada com o inventor, como forma de incentivo às invenções por meio da iniciativa privada (Comparato, 2013). Essa é a forma com que a Inglaterra mantinha monopólio sob as

produções e invenções tecnológicas durante sua hegemonia e o motivo pelo qual outros países do centro capitalista começaram a criticá-la. Com o desenvolvimento da indústria e da organização do trabalho, as patentes mantêm-se como um mecanismo de monopolização de mercadorias, de forma que,

Hoje, em lugar de bons resultados para toda a comunidade, o sistema de propriedade industrial engendra concentração de poder econômico, com nula ou quase nula difusão de tecnologia. De um lado, grande parte dos avanços tecnológicos é mantida em segredo, sob regime de *know-how*. De outro lado, a pesquisa tecnológica demanda investimentos cada vez mais elevados, os quais somente os Poderes Públicos e os grandes grupos empresariais podem realizar. Mas, como esses investimentos obedecem à lógica da lucratividade e não do serviço coletivo, eles se fazem, cada vez mais, por iniciativa e no interesse exclusivo das empresas, com vistas à eliminação da concorrência. Mesmo quando efetuados pelo Estado, tais investimentos acabam por beneficiar, quase que exclusivamente, as grandes empresas, como salientam os técnicos das Nações Unidas (Comparato, 2013, p. 179).

Reiterando que, nesse cenário, a classe dominante promove sua necessidade de manutenção de sua classe como necessidade comum a todos, numa tentativa de hegemonização. O que significa que tenta equacionar a transição energética ao consumo de veículos elétricos, uma vez que não são geradores de poluição, invertendo a lógica do trabalho (Layrargues, 2002). A própria extração de lítio depende do tipo de atividade que será feita, se é a extrativista em larga escala, como no caso do Vale do Jequitinhonha ou nos salares chilenos, ainda teremos emissão de gases poluentes. Outro aspecto é que não se trata do consumo individual do carro elétrico, uma vez que este é mercadoria e a necessidade da mobilidade não é somente individual, mas coletiva, apesar da propaganda para sua venda ser sobre a mobilidade individual, o real interesse na venda dos carros elétricos é que este seja um produto de alta circulação, assim como celulares, para constantes trocas de modelos (Trói, 2018).

Por isso, para a classe dominante, se torna essencial eleger suas necessidades de mercado como necessidades globais, simplificando os problemas causados pelo modo de produção capitalista à prática cotidiana, de ordem individual. É uma tentativa de hegemonização, que oculta os elementos que se pretendem universais no capitalismo – assim como seu caráter colonial e de racismo ambiental, como discutido anteriormente – à dimensão da singularidade, ou seja, é criar a necessidade de consumo de uma mercadoria em substituição à necessidade de uso

de uma tecnologia produto do trabalho humano. É nesse sentido que para a PHC, a prática social revela, por mediação do trabalho educativo, os problemas que precisam ser superados, porque desvela a realidade material, distinguindo as necessidades humanas das mercadológicas, permitindo compreender quais instrumentos são necessários para a solução desses problemas. É, como afirma Saviani (2000), a desarticulação do que a classe dominante apropriou para si e a rearticulação desses instrumentos teóricos e práticos para toda a humanidade.

Na particularidade da prática social aqui descrita, é entender que o problema não é o uso dos metais para produção de fios e cabos elétricos, no caso do cobre, ou na produção de baterias e carros elétricos, no caso do lítio. Trata-se, na verdade, de tomar essas tecnologias como parte integrante de necessidades humanas, não reduzindo-as às necessidades do mercado. Isso significa que, é compreender necessidades de modo coletivo, o carro elétrico e outros produtos baseados nas baterias de íons-lítio não podem ser limitados ao uso periódico sob controle da iniciativa privada a partir do tempo vigente de cada patente, nem serem usos individualizados, ignorando o processo de produção como um todo. Processo produtivo esse que afeta diretamente o cotidiano de populações indígenas em regiões de extração de lítio e cobre, cujo trabalho de mineração ainda ocorre sob condições desumanizantes. É nessa direção que se defende, a partir de Magalhães (2023), que o trabalho educativo histórico-crítico seja também anticolonial, não limitando a uma postura de relações entre o conhecimento químico e as problematizações da prática social na superfície deste modo de produção, que além da exploração capitalista do força de trabalho, ocorre sob uma prática colonial e racista, concentrando o desenvolvimento tecnológico no centro do capitalismo e suas consequências destruidoras na periferia do capital.

3.4 Prática social e problematização da cadeia produtiva do cobre e do lítio: caminhos para a instrumentalização a partir dos conhecimentos químicos de reações redox

A transição energética como um dos pilares para amenizar efeitos das Mudanças Climáticas é um dos temas recorrentes nos debates atuais em todo o mundo, bem como isso se manifesta na EQ, aspectos discutidos no primeiro capítulo. Como mencionado também, há relações entre saberes tradicionais,

valorização da cultura e racismo ambiental vividos por povos originários que são discutidos como temas em trabalhos da EQ que abordam Erer, com um foco maior desta pesquisa voltando-se a este último tema por ser menos discutido na área, por isso, pode apresentar mais contribuições. Em uma perspectiva histórico-crítica, anticolonial e antirracista, apresentamos e discutimos a cadeia produtiva do cobre e do lítio como uma prática social que, além de estar intimamente ligada à transição energética, é um importante elemento didático-metodológico para discussões que permitem a assimilação de conhecimentos químicos a partir das contradições da sociedade capitalista, compreendendo sua lógica colonial e o racismo ambiental integrante a ela.

O problema central é como a transição energética é lida como essencial para a transformação das fontes de energia, além de seu armazenamento e condução, mas ao ser associada às necessidades do mercado, torna-se individualizante, simplificando os problemas decorrentes do capitalismo em singularidades cuja solução encontra-se em práticas individuais e, portanto, pode reduzir a prática social ao cotidiano. A abordagem a partir da prática social da cadeia de produção de cobre e de lítio permite compreender uma série de relações sociais na qual as reações redox possibilita, enquanto conceito químico, entender as necessidades humanas em obter os dois metais, suas transformações em outros produtos, como as baterias para o armazenamento de energia elétrica e as fiações para a condução de energia, bem como essa exploração é feita, em que condições de trabalho e com quais consequências, tanto para as comunidades indígenas e locais, quando para a população mundial em geral.

O trabalho educativo pautado nessa prática social pode conduzir, pois, a uma visão de acordo com os princípios de Magalhães (2023), posicionando o sujeito do processo de ensino-aprendizagem na prática social como estudante concreto e não abstrato. Isto é, cria a necessidade de compreender e incorporar os conceitos químicos que permitem explicar as razões pela qual a mineração de cobre existiu e ainda existe, a exploração de lítio ocorre e as relações entre a bateria de íons-lítio, a exploração de territórios indígenas e a individualização do uso dos carros elétricos que formam uma unidade contraditória. A contradição aqui parte do descompasso entre as necessidades humanas vivenciadas nas diferentes singularidades dos povos indígenas explorados na periferia do capitalismo, como o caso do povo Colla, Quéchua e Aymara, no Chile, e as comunidades afetadas em Araçuaí, no Brasil, e

as necessidades do capital em produzir, reproduzir e expandir seu domínio sobre todo o globo a partir da lógica mercantil, colonialista e racista. Torna-se, a partir dessa contradição entre as singularidades vivenciadas e a universalidade pretendida pelo capital em sua homogeneização, uma necessidade educativa compreender essa contradição, cria-se, portanto, a necessidade de quais conhecimentos permitem explicar o que leva à manifestação dessa estrutura contraditória na prática social.

Desse modo, o compromisso assumido aqui reveste-se também de um caráter político. Adotar que o conhecimento químico permite compreender as razões pela mercadorização das baterias de íons-lítio e veículos elétricos, por exemplo, é um compromisso político com uma educação interessada nas camadas populares, sendo anticapitalista, anticolonial e antirracista. Explicitando o ponto nevrálgico do capitalismo – a transformação de todo produto do trabalho em mercadoria –, torna-se possível explorar as reações redox a partir da mineração de cobre e lítio que afeta concretamente a vida cotidiana de povos indígenas em situações de exploração de sua força de trabalho e a degradação do ambiente em que vivem e subsistem. Essa relação estende-se, também, às baterias de íons-lítio e aos veículos elétricos, que invertem a lógica de produção da vida, associando as necessidades de reprodução do indivíduo às do mercado (individualização do uso do carro, por exemplo), e limitam o desenvolvimento técnico-científico por meio do patenteamento do conhecimento e tecnologia.

Adotar as cadeias de produção do cobre e do lítio como prática social no trabalho educativo, portanto, pode ser uma forma de abordar o conceito de reações redox como necessários para entender tanto as tecnologias no que se tem de mais desenvolvido pela humanidade, quanto a própria atividade mineradora, possibilitando abordar os conteúdos de eletroquímica a partir dos dois princípios de Oliveira (2023). Isto é, pode-se compreender a necessidade real do uso das baterias de íons-lítio e o papel dos fios de cobre na transição energética, como dispositivos eletroquímicos que funcionam a partir de reações redox, o que possibilita abordar toda a cadeia de produção, da extração e mineração, passando pelo consumo e, por fim, no descarte e reciclagem. Tanto no caso do cobre, quanto no caso do lítio, há formação de um ciclo econômico fechado, ou seja, os metais usados e descartados retornam ao início do processo, mantendo uma lógica de extração, consumo e descarte constante.

Nota-se que o início da cadeia produtiva marca um processo de racismo ambiental para com populações indígenas, sendo inevitável que a lógica de produção capitalista, ao posicionar a periferia do capitalismo como produtora e exportadora de *commodities*, inclua a exploração dessas comunidades. O processo educativo pautado na Erer, como discutido por Magalhães (2023), pode ter seu foco centrado na valorização de saberes e práticas culturais africanas, afro-brasileiras e indígenas, mas por seu foco não ser o racismo como sistema que estrutura o capitalismo, acaba por contribuir para sua manutenção. Nesse sentido, abordar o cotidiano dessas populações, como o caso dos povos Quéchua e Aymara com os saberes tradicionais de produção artesanal de sais de lítio, também é um importante movimento de valorização da história e cultura dessas comunidades, mas o processo de ensino-aprendizagem não deve estacionar nesse aspecto do trabalho educativo. Discutir o racismo ambiental, associado intimamente à posição que os países latino-americanos ocupam na produção global (lógica colonial do capitalismo dependente), não somente contribui para a valorização da história e cultura desses povos, como permite o ensino concreto de conceitos químicos, neste caso de reações redox, em perspectiva histórico-crítica, anticolonial e antirracista.

O que destacamos aqui é o fato de que, por mais que as singularidades desses diferentes povos indígenas sejam importantes para sua valorização, manter o ensino pautado apenas nesse aspecto enfraquece um processo educativo potencialmente transformador. Isso acaba por omitir uma relação consciente com o gênero humano que permite compreender que essas singularidades expressam, em seu conjunto, a universalidade da exploração mercantil, colonialista e racista do capitalismo na particularidade de povos indígenas que vivem em territórios latino-americanos.

Nesse sentido, o conhecimento químico de reações redox, que permite compreender as reações envolvidas nas cadeias produtivas e no funcionamento da bateria, pode contribuir para entender a exploração que as comunidades indígenas vivem e o bombardeamento de propagandas sobre o uso do carro elétrico como principal meio para a transição energética. O consumo de energia elétrica desigual marca um sintoma do sistema capitalista, em que a lógica de dependência do capital estrangeiro atribui os papéis restritos de desenvolvimento técnico e inovação tecnológica para os países do centro do capital por meio do patenteamento, onde há maior produção e circulação dessas tecnologias, como no caso dos carros elétricos,

com maiores montadoras e quantidade de patentes em países como Japão, Coréia do Sul, EUA, Alemanha, entre outros. Além disso, o papel atribuído aos países da periferia do capitalismo centra-se em sua exploração predatória, seja pela captura de recursos naturais, como o cobre e o lítio, seja pela força de trabalho de populações locais, afetando a dinâmica de vida e subsistência de povos indígenas e degradação ambiental, como pode ser observado pela perda de biodiversidade nas regiões de mineração no Brasil e Chile, no caso da escassez hídrica pelo uso excessivo de água ou mesmo a emissão de gases do efeito estufa no processo de mineração.

Os carros elétricos, apesar de serem a grande propaganda para a transição energética, acabam por ocultar a face das intenções do mercado, a de individualizar o processo de transição energética, simplificando as consequências de uma cadeia produtiva inteira na ação de um indivíduo ou população em particular. Ao adotar as cadeias de produção de cobre e lítio como prática social, é possível revelar esse processo e a extração de lítio e cobre como necessidade humana e não como necessidade de mercado, o que modifica a forma com que os indivíduos interagem com essa tecnologia. O foco não será mais em cada um ter seu próprio carro elétrico, mas em transformar uma rede de energia inteira que baseia-se em combustível fóssil para uma rede elétrica limpa, objetivando uma sociedade que retira o necessário para isso, e não uma estrutura que se retroalimenta para produção contínua e crescente desses metais, das baterias de íons-lítio e de veículos elétricos.

O conhecimento eletroquímico, desse modo, permite entender o funcionamento das baterias a partir das reações redox e que uma produção infinita das baterias de íons-lítio e de seus produtos, como o carro elétrico, não é possível porque a própria realidade material possui recursos finitos. Logo, esses conhecimentos tornam-se instrumentos para compreender a cadeia produtiva do cobre e do lítio e as possíveis problematizações que podem ser realizadas tomando as duas cadeias de produção como prática social, que reflete a lógica mercantil, colonial e racista do modo de produção capitalista.

Em suma, as cadeias produtivas do lítio e do cobre, enquanto prática social, apresentam elementos constitutivos que possibilitam trabalhar problemas da prática social em que a reação redox possa ser instrumento para compreender a necessidade da transição energética e as tecnologias que permitem esse processo.

A partir da contradição entre o que é necessário mobilizar para que seja possível de ocorrer a transição energética e o que é veículo massivamente como necessidade comum, quando, na verdade, é tentativa de hegemonização da classe dominante. Como destaca Saviani (2000), é necessário desarticular da classe dominante esses mecanismos e rearticulá-los aos interesses populares. Isto é, desarticular da classe dominante o domínio sobre os conhecimentos e as tecnologias de baterias de íons-lítio e fios de cobre de que se apropriaram e rearticulá-las aos interesses populares, que coincidem com a transição energética, rompendo com a lógica mercantil, colonial e racista que estrutura a hierarquia das cadeias produtivas no globo. Ou seja, tornar a Química uma ciência a serviço dos interesses populares e romper com o capitalismo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transição energética é um problema atual que se reflete pelas Mudanças Climáticas decorrentes do aumento de gases do efeito estufa, sendo necessário uma abordagem da EQ em que os conceitos químicos permitam compreender a prática social em que nos inserimos para transformá-la, esse sendo o papel da educação. Essa prática social sendo caracterizada pelo capitalismo atual, sustentado na lógica mercantil, colonial e racista, o que estende a preocupação educacional de uma abordagem do ensino de História e Cultura Afro-brasileira, Africana e Indígena na EQ, tendo em vista o racismo ambiental sofrido por populações próximas a áreas de exploração predatória, sendo inevitável esse debate junto ao de transição energética. Visando contribuir para essa discussão, este trabalho discutiu sobre aspectos da transição energética a partir da cadeia produtiva do lítio e do cobre, entendendo as duas dimensões que sustentam esse problema: o armazenamento de energia e a condução elétrica.

A partir da cadeia produtiva do lítio é possível discutir aspectos da problemática envolvendo o armazenamento de energia, materializado essencialmente na bateria de íons-lítio. Sendo de grande importância para a circulação de mercadorias como os veículos elétricos, os conhecimentos sobre essa bateria tornaram-se propriedade privada, de modo que as patentes asseguram controle e sigilo industrial das mercadorias com elas confeccionadas, como é o caso dos veículos elétricos. Entender seu funcionamento e como se extrai e reintroduz o lítio na cadeia produtiva permite compreender a real necessidade das baterias: não é para a produção de carros elétricos individuais que serão comercializados, mas para se pensar nas tecnologias de transição energética que possibilitam o armazenamento de energia elétrica.

Semelhante ao caso do lítio, a cadeia produtiva do cobre, enquanto prática social, permite compreender a problemática envolvendo a condução de energia elétrica, sobretudo em sistemas de energia com fontes renováveis. Sendo altamente reciclável, permite o funcionamento de economias circulares, podendo ser reutilizado ao ser constantemente reintroduzido na cadeia produtiva. Tanto no caso do lítio, quanto no cobre, a mineração ocorre de forma predatória e, ao ser realizado um processo extrativista mineral, não altera a consequente poluição por gases do efeito estufa, uma vez que a mineração extrativista mantém a eliminação destes poluentes.

Além de não contribuir para a eliminação dos poluentes e mascarar-se de discurso ambiental, a iniciativa privada, ao apropriar-se de terras para mineração, afeta a dinâmica de vida da população indígena local, destruindo o ambiente e a paisagem na periferia do capital, enquanto o desenvolvimento e a inovação tecnológica continua a ser produzida no centro do capitalismo, relegando à periferia uma lógica de dependência, colonial e racista.

Portanto, compreender a cadeia produtiva como um todo, neste caso particular a do lítio e do cobre, contribui para uma concepção ampla da prática social, não limitando os conceitos químicos, neste caso a reação redox, ao cotidiano ou ao conceito em abstrato, dá-se concretude ao conteúdo químico. A partir disso, é possível aproximar-se de uma relação consciente entre o indivíduo e o gênero humano, reconhecendo a bateria como avanço para o armazenamento de energia e os fios de cobre para a condução elétrica a fim de realizar a transição energética. No entanto, reconhecendo, também, a necessidade de romper com o sistema capitalista, que se estrutura em relações coloniais e racistas, produzindo uma lógica de dependência da periferia ao centro capitalista.

Esperamos que este trabalho contribua para abordagens críticas de conteúdos químicos que não se limite a uma rede conceitual ou aproximação irrefletida ao cotidiano, abrangendo possibilidades de problematizações na prática social para o trabalho educativo. Também destacamos as limitações deste trabalho ao abranger um tema vasto, não abordando as múltiplas determinações que a prática social apresentada possibilita ao trabalho educativo, seja pelo recorte dos metais selecionados, seja pelas particularidades decorrentes dos territórios latinos. Este trabalho, portanto, é uma aproximação à prática social envolvendo a cadeia produtiva de metais, em particular a do cobre e do lítio, com contribuições que possam corroborar para a construção coletiva de uma Educação Química histórico-crítica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria; FERRAZ, Márcia Helena Mendes; BELTRAN, Márcia Helena Roxo; PORTO, Paulo Alves. **Percursos de História da Química**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

ALVES, Stênio Eduardo de Sousa. **Falha na Matrix**: um estudo sobre obsolescência programada. 2021. 165 p. Tese (Doutorado em Sociologia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2021.

ALVINO, Antônio César B.; SILVA, Aliny G.; LIMA, Geisa L. M.; CAMARGO, Marysson J. R.; MOREIRA, Marilene B.; BENITE, Anna Maria Canavarro. Metalurgia do ferro em África: A Lei 10.639/03 no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 43, n. 4, p. 390-400, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160258>.

ALWYN, J. Transição energética justa? **Os impactos do lítio nas salinas andinas da Argentina, Bolívia e Chile**. Debates Indígenas, 01 mai. 2025. Disponível em: <https://debatesindigenas.org/pt/2025/05/01/transicao-energetica-justa-os-impactos-d-o-litio-nas-salinas-andinas-da-argentina-bolivia-e-chile/>. Acesso em: 23 fev. 2026.

ARAÓZ, Horácio Machado. **Mineração, genealogia do desastre** – O extrativismo na América como origem da modernidade. São Paulo: Editora Elefante, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE COBRE (ABCOBRE). Anuário Brasileiro do Cobre 2020. São Paulo: ABCobre, 2020. Disponível em: <https://www.virapagina.com.br/abccobre2020/>. Acesso em: 23 fev. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE COBRE (ABCOBRE). Anuário Brasileiro do Cobre 2023. São Paulo: ABCobre, 2023. Disponível em: <https://www.virapagina.com.br/abccobre2023/>. Acesso em: 23 fev. 2026.

BALDÉ, C. P.; KUEHR, R.; YAMAMOTO, T.; MCDONALD, R.; D'ANGELO, R.; ALTHAF, S.; BEL, G.; DEUBZER, O.; FERNANDEZ-CUBILLO, E.; FORTI, V.; GRAY, V.; HERAT, S.; HONDA, S.; IATTONI, G.; KHETRIWAL, D. S.; CORTEMIGLIA, V. L.; LOBUNTSOVA, Y.; NNOROM, I.; PRALAT, N.; WAGNER, M. **THE GLOBAL E-WASTE MONITOR 2024**. 2. ed. Geneva/Bonn: United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), 2024. Disponível em: https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2024/12/GEM_2024_EN_11_NOV-web.pdf. Acesso em: 23 fev. 2026.

BENEDETTI FILHO, Edemar; BENEDETTI, Luzia Pires dos Santos; FIORUCCI, Antônio Rogério; OLIVEIRA, Noé de; PERONICO, Vanessa Cruz Dias. Utilização de palavras cruzadas como instrumento de avaliação no ensino de química. **Experiências no Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 104-115, 2013. Disponível em: <https://if.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/453>. Acesso em: 26 jul. 2024.

BENEDITO, Beatriz; CARNEIRO, Suelaine; PORTELLA, Tânia. Lei 10.639: a atuação das secretarias municipais de educação no ensino de história e cultura africana e afro-brasileira. São Paulo: Instituto Alana, 2023. Disponível em: <https://alana.org.br/wp-content/uploads/2023/04/lei-10639-pesquisa.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2026.

BENITE, Anna Maria Canavarro; BASTOS, Morgana Abranches; CAMARGO, Marysson J. R.; VARGAS, Regina N.; LIMA, Geisa L. M.; BENITE, Claudio R. M. Ensino de Química e a Ciência de Matriz Africana: Uma Discussão Sobre as Propriedades Metálicas. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 39, n. 2, p. 131-141, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160069>.

BENITE, Anna Maria Canavarro; SILVA, Juvan Pereira da; ALVINO, Antônio César. Ferro, Ferreiros e Forja: o Ensino de Química pela Lei nº 10.639/03. **Educação em Foco**, [S. l.], v. 21, n. 3, p. 735-768, 2016. DOI: <https://doi.org/10.30691/relus.v2i2.1505>.

BERETTA, Marco. **A Cultural History of Chemistry**: In Antiquity. v. 1. London: Bloomsbury Publishing Plc, 2022.

BERMÚDEZ-RODRÍGUEZ, Tatiana; CONSONI, Flávia Luciane. Uma abordagem da dinâmica do desenvolvimento científico e tecnológico das baterias lítio-íon para veículos elétricos. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, v. 19, e0200014, p. 1-33, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20396/rbi.v19i0.8658394>.

BERNAL, John Desmond. **Science in History**. v. 1. Camberwell: Penguin Books, 1969.

BNAMERICAS. **Comunidades indígenas denunciam exclusão da governança do lítio no Chile**. Bnamericas, 10 nov. 2025. Disponível em: <https://www.bnamericas.com/pt/entrevistas/comunidades-indigenas-denunciam-exclu-sao-da-governanca-do-litio-no-chile>. Acesso em: 23 fev. 2026.

BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. **Química Nova na Escola**, n. 11, p. 3–7, 2000.

BRAGA, P. F. A.; SAMPAIO, J. A. Lítio. In: **Rochas e Minerais Industriais no Brasil: usos e especificações**. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 585-603.

BRASIL. Ministério da Educação. *Resolução nº 1, de 17 de junho de 2004*. Institui diretrizes curriculares nacionais para a educação das relações étnico-raciais e para o ensino de história e cultura afro-brasileira e africana. **Diário Oficial da União**: Brasília, 2004. Disponível em: <https://editalequidaderacial.ceert.org.br/pdf/diretrizes.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2026.

BRASIL. Ministério da Fazenda. Lei complementar nº 87, de 13 de setembro de 1996. Dispõe sobre o imposto dos Estados e do Distrito Federal sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação, e dá outras providências. (LEI

KANDIR). **Diário Oficial da União**: Brasília, 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp87.htm. Acesso em: 23 fev. 2026.

CALAES, Gilberto Dias. Relatório Técnico 05: Evolução do mercado mineral mundial a longo prazo. *In*: MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Produto 01**: A Economia Brasileira e Mundial; Os Setores Mineral Brasileiro e Mundial e suas Perspectivas de Evolução a Longo Prazo. Brasília: MME; J. Mendo Consultoria Ltda., 2009. Disponível em: https://antigo.mme.gov.br/documents/36108/448159/P01_RT05_Evoluxo_do_Mercado_Mineral_Mundial_a_longo_prazo.pdf/91f1c044-7809-9ed1-281e-b6b8ab694123?version=1.0. Acesso em: 25 jul. 2024.

CAMARGO, Marysson J. R.; VARGAS, Regina N.; SILVA, Juvan Paiva da; BENITE, Claudio R. M.; BENITE, Anna Maria Canavarro. Do Ferreiro a Magnetita: o Vídeo Educativo como Alternativa para a Implementação da Lei 10.639/03. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 41, n. 3, p. 224-232, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160166>.

CÁRITAS BRASILEIRA. **Comunidades do Vale do Jequitinhonha sofrem com impactos socioambientais da “corrida do lítio”**. Cáritas Brasileira, 13 mar. 2024. Disponível em: <https://mg.caritas.org.br/noticias/comunidades-do-vale-do-jequitinhonha-sofrem-com-impactos-socioambientais-da-corrida-do-litio>. Acesso em: 23 fev. 2026.

COBRESUL. **17 de Maio**: Dia Internacional da Reciclagem. Cobresul, [S. l.], 17 mai. 2022. Disponível em: <https://www.cobresul.com.br/blog/17-de-maio-dia-internacional-da-reciclagem#:~:text=Como%20%C3%A9%20feita%20a%20Reciclagem,ainda%20est%C3%A3o%20em%20uso%20produtivo..> Acesso em: 23 fev. 2026.

COLTURATO, Andriel Rodrigo. **O cotidiano na Educação em Química**: uma análise bibliográfica a partir da pedagogia histórico-crítica. 2021. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Pós-graduação em Educação para a Ciência, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Bauru, 2021.

COMPARATO, F. B. CAPITALISMO E PODER ECONÔMICO. **Revista Faculdade de Direito UFMG**, Número Esp., p. 167-195, 2013. DOI: 10.12818/P.0304-2340.2013vWAp167.

CRADDOCK, Paul T. **Early Metal Mining and Production**. Edinburgh: Edinburgh University Press Ltd., 1995.

DUARTE, Newton. **A individualidade para si**: contribuição a uma teoria histórico-crítica da formação do indivíduo. Edição comemorativa. Campinas: Autores Associados, 2013.

ENERDATA. **World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2025**. Disponível em: <https://yearbook.enerdata.net/>. Acesso em: 23 fev. 2026.

EDDY, Matthew Daniel; KLEIN, Ursula. **A Cultural History of Chemistry: In the Eighteenth Century**. v. 4. London: Bloomsbury Publishing Plc, 2022.

ESCOSTEGUY, Melisa; PAZ, Walter Díaz; CLAVIJO, Araceli; IRIBARNEGARAY, Martín; SEGHEZZO, Lucas. Conexões multiescalares para a produção de lítio na Argentina. *In*: BRANNSTROM, Christian; SEGHEZZO, Lucas; GORAYEB, Adryane (Orgs.). **Descarbonização na América do Sul: conexões entre o Brasil e a Argentina**. Mossoró: Edições UERN, 2022. p. 425-446.

FOCETOLA, Patrícia Barreto Mathias; CASTRO, Pedro Jaber; SOUZA Aline Camargo Jesus de; GRION, Lucas da Silva; PEDRO, Nadia Cristina da Silva; IACK Rafael dos Santos; ALMEIDA, Roberto Xavier de; OLIVEIRA, Anderson Cosme de; BARROS, Claudia Vargas Torres de; VAITSMAN, Enilce; BRANDÃO, Juliana Barreto; GUERRA, Antonio Carlos de Oliveira; SILVA, Joaquim Fernando Mendes da. Os Jogos Educacionais de Cartas como Estratégia de Ensino em Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 248-255, 2012.

GALEANO, Eduardo. **As veias abertas da América Latina**. Porto Alegre: L&PM, 2010.

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

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2008.

GOMES, A. L. C.; SCHIAVI, M.T.; COSTA, L. S. F. Carro elétrico e a comunicação pública da ciência. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 17, n. 48, p. 1-15, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.3895/rts.v17n48>.

GONÇALVES, Ricardo Junior de Assis Fernandes; MILANEZ, Bruno. Extrativismo Mineral, Conflitos e Resistência no Sul Global. **Revista Sapiência: Sociedade, saberes e práticas educacionais**, Iporá, v. 8, n. 2, p. 6-33, 2019.

GONZAGA, R. T.; SANTANDER, M. A.; REGIANI, A. M. A cultura afro-brasileira no ensino de química: a interdisciplinaridade da química e a história da cana-de-açúcar. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 25-32, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160141>.

HARNECKER, Marta. **Conceitos elementais do materialismo histórico**. São Paulo: Editora Cortez, 1973.

HARVEY, David. **O Novo Imperialismo**. 8. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2014.

HE, Bowen; ZHENG, Han; TANG, Karl; XI, Ping; LI, Muqing; WEI, Lawei; GUAN, Qun. A Comprehensive Review of Lithium-Ion Battery (LiB) Recycling Technologies and Industrial Market Trend Insights. **Recycling**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 1-26, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/recycling9010009>.

ICA/PROCOBRE. **Guia de aplicação para cabos elétricos com condutores de cobre**. Indústria de papel e celulose. v. 7. [S. l.]: Internacional Copper Association

Brazil, 2018. Disponível em:

<https://abcobre.org.br/wp-content/uploads/2021/08/vii-guia-industria-papel-celulose.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2026.

INSTITUTO ALANA. **Lei 11.645/08**: Ensino de História e Cultura Indígena. Belém: FNEEI/Instituto Alana, 2025. Disponível em:

https://alana.org.br/wp-content/uploads/2024/12/NOTATECNICA_lei11645.pdf.

Acesso em: 23 fev. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). Relatório Anual de Atividades 2024. Brasília: IBRAM, 2025. Disponível em:

https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2025/03/IBRAM_Relatorio-Anual-2024_completo_web.pdf. Acesso em: 23 fev. 2026.

INSTITUTO HUMANITAS. **A batalha pelo lítio**: povos originários resistem a um “genocídio ambiental e cultural”. Instituto Humanitas, 02 abr. 2025. Disponível em:

<https://ihu.unisinos.br/categorias/650233-a-batalha-pelo-litio-povos-originaarios-resistem-a-um-genocidio-ambiental-e-cultural>. Acesso em: 23 fev. 2026.

JESUS, Victor de. RACISMO AMBIENTAL, NAVIOS DE LIXO E QUARTO DE DESPEJO: A GEOPOLÍTICA NEOCOLONIAL AMBIENTALMENTE TÓXICA DO DESCARTE DE RESÍDUOS NOS PAÍSES “LIXEIRAS DO MUNDO”. **Revista da Associação Brasileira de Pesquisadores/as Negros/as (ABPN)**, [S. l.], v. 14, n. Ed. Especi, p. 25–51, 2022. Disponível em:

<https://abpnrevista.org.br/site/article/view/1329>. Acesso em: 23 fev. 2026.

KATZ, Cláudio. **A teoria da dependência 50 anos depois**. São Paulo: Expressão Popular, 2020.

KINDLÉ, Vinícius Magalhães Faustini. La Rinconada: uma análise histórica dos métodos trabalhistas empregados na mineração andina de Puno, Peru na colonização e no século XXI. **Revista História em Curso**, Belo Horizonte, v. 6, n. 10, p. 263-285, 2024.

KLEIN, Ursula; LEFÉVRE, Wolfgang. **Materials in Eighteenth-Century Science: A Historical Ontology**. Cambridge: MIT Press, 2007.

LACERDA, Leonardo Mamede de. **O LIXO DO CAPITAL**: uma crítica ao processo de reciclagem de materiais enquanto reposição crítica das categorias modernas. 2015. 174 p. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2015.

LAVOURA, Tiago Nicola. UMA FACE CONTEMPORÂNEA DA BARBÁRIE: A BNCC E A OFENSIVA DO CAPITAL NA DEVASTAÇÃO DA EDUCAÇÃO PÚBLICA.

Revista Fluminense de Educação Física, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 1-22, 2021.

Disponível em: <https://periodicos.uff.br/edfisica-fluminense/article/view/50043>.

Acesso em: 23 fev. 2026.

LAYRARGUES, Philippe. O cinismo da reciclagem: o significado ideológico da reciclagem da lata de alumínio e suas implicações para a educação ambiental. LOUREIRO, F.; LAYRARGUES, P.; CASTRO, R. (Orgs.) **Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania**. São Paulo: Cortez, 2002, p. 179-220.

LEFEBVRE, Henri. **Lógica formal, Lógica dialética**. 5. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1991.

LIMA, Verônica Ferreira; MERÇON, Fábio. Metais Pesados no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 199-205, 2011.

MAGALHÃES, Pedro. **Bases anticoloniais para o ensino histórico-crítico de química**: primeiras incinerações. 2023. 393 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/36861>. Acesso em: 03 ago. 2025.

MAGALHÃES, L.; NASCIMENTO, T. M.; MASSI, L. Estudo de caso: adeus, caracóis. *In*: QUEIROZ, S. L.; SILVA, E. M. S. (org.). **Estudos de caso para o ensino de química** – 1. Curitiba: CRV, 2017. p. 135-148.

MARINI, Ruy Mauro. **Dialética da dependência**: uma antologia da obra de Ruy Mauro Marini. Petrópolis: Editora Vozes/CLACSO, 2000.

MARSIGLIA, Ana Carolina Galvão; LAVOURA, Tiago Nicola. As relações entre conhecimento, método e didática na pedagogia histórico-crítica. *In*: LOMBARDI, José Claudinei; COLARES, Maria Lília Imbiriba Sousa; ORSO, Paulino José (org.). **Pedagogia histórico-crítica e prática pedagógica transformadora**. Uberlândia: Navegando Publicações, 2021. p. 179-200.

MARTINS, Lígia Márcia; LAVOURA, Tiago Nicola. Materialismo histórico-dialético: contributos para a investigação em educação. **Educar em Revista**, Curitiba, v. 34, n. 71, p. 223-239, 2018. DOI: 10.1590/0104-4060.59428.

MARX, Karl. **O capital**. São Paulo: Abril Cultural, Col. Os Economistas, Livro I, Tomo 1, 1983.

MASSI, Luciana; COLTURATO, Andriel Rodrigo; TEIXEIRA, Lucas André. CONTEÚDOS E CURRÍCULOS DE CIÊNCIAS NA CONSTRUÇÃO DE UMA CONCEPÇÃO DE MUNDO MATERIALISTA, HISTÓRICA E DIALÉTICA. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 27, n. 3, p. 78–95, 2022. DOI: [10.22600/1518-8795.ienci2022v27n3p78](https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n3p78).

MENDES, Carolina Borghi; MASSI, Luciana; COLTURATO, Andriel; STACHOWSKI, Lucas Nakamura. Relações étnico-raciais na Educação em Química a partir da Pedagogia Histórico-Crítica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 31, e25006, p. 1-18, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320250006>.

MERÇON, Fábio; GUIMARÃES, Perdo Ivo Canesso; MAINIER, Fernando Benedicto. Sistemas Experimentais para o Estudo da Corrosão em Metais. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 57-60, 2011.

MESSEDER NETO, Hélio da Silva. O Ensino da Química na Pedagogia Histórico-Crítica: considerações sobre conteúdo e forma para pensarmos o trabalho pedagógico concreto. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 27, n. 2, p. 271-293, 2022.

MESSEDER NETO, Hélio da Silva; SÁ, Lucas Vivas de; BRITO, Marina Menezes de. **Conceitos Químicos em Debate**. Salvador: EDUFBA, 2022.

MÉSZÁROS, István. **Estrutura social e formas de consciência**: a dialética da estrutura e da história. v. 2. São Paulo: Boitempo, 2011.

MORAN, Bruce T. **A Cultural History of Chemistry**: In the Early Modern Age. v. 3. London: Bloomsbury Publishing Plc, 2022.

MORIOKA, Raquel Mari; SILVA, Roberto Ribeiro da. A Atividade de Penhor e a Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 111-117, 2012.

MORRIS, Peter J. T. **A Cultural History of Chemistry**: In the Modern Age. v. 6. London: Bloomsbury Publishing Plc, 2022.

MOURA, Maria Eduarda Tavares de. Quanto vale nossas vidas? - Uma abordagem CTS dos processos de mineração (exploração da terra e da força de trabalho) a partir dos crimes ambientais de Mariana e Brumadinho. *In*: Congresso Nacional de Educação (CONEDU), 6., 2019, Fortaleza. **Anais [...] Campina Grande: Realize Eventos Científicos e Editora Ltda.**, 2019. p. 1-12. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2019/TRABALHO_EV127_MD1_SA14_ID701_03102019192343.pdf. Acesso em: 26 jul. 2024.

OLIVEIRA, Marina Paula. O avanço da exploração do lítio no Vale do Jequitinhonha (MG) e a reprodução das desigualdades e dependências internacionais. **Carta Internacional**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, e1416, 2024. DOI: 10.21530/ci.v19n1.2024.1416.

PALÁCIO, Soraya Moreno; CUNHA, Marcia Borin da; ESPINOZA-QUIÑONES, Fernando Rodolfo; NOGUEIRA, Daniele Alves. Toxicidade de Metais em Soluções Aquosas: Um Bioensaio para Sala de Aula. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 79-83, 2013.

PASQUALINI, J. C. Três teses histórico-críticas sobre o currículo escolar. **Educação e Pesquisa**, v. 45, p. 1-16, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-4634201945214167>.

PASQUALINI, J. C.; MARTINS, L. M. Dialética singular-particular-universal: implicações do método materialista dialético para a psicologia. **Psicologia & Sociedade**, v. 27, n. 2, p. 362-371, 2015.

PINHEIRO, Bárbara Carine Soares. O Período das Artes Práticas: A Química Ancestral Africana. **Revista Debates em Ensino de Química**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 4-15, 2021. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/3566>. Acesso em: 18 nov. 2023.

PINTO, Marcelo F. **Da eletricidade dos séculos XVIII e XIX às Leis da Eletroquímica Michael Faraday**. 2018. 83 p. Dissertação (Mestrado em Química) -

Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.

RAMBERG, Peter J. **A Cultural History of Chemistry: In the Nineteenth Century**. v. 5. London: Bloomsbury Publishing Plc, 2022.

REIS, E. P.; FERREIRA, G. K.; SILVA, N. F.; CASTRO, D. E. A importância da reciclagem do cobre na sustentabilidade de carros elétricos. **Revista Conexão Ciência**, v. 14, n. 3, p. 9-18, 2019.

ROMERO, A.; ALWYN, J.; DIDIER, M. **Globalización de las empresas de energía renovable: Extracción de litio y derechos de los pueblos indígenas en Argentina, Bolivia y Chile ("Triángulo del Litio")**. [S. l.]: Observatorio Ciudadano/CIEDH, 2019. Disponível em:

https://media.business-humanrights.org/media/documents/files/documents/INFORME_LITIO_FINAL_PARA_WEB.pdf. Acesso em: 23 fev. 2026.

ROWAN, Linda R. **Critical Mineral Resources: The U.S. Geological Survey (USGS) Role in Research and Analysis**. Congressional Research Service, Washington, R48005, 2024. Disponível em: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R48005>. Acesso em: 25 jul. 2024.

SAMPAIO, Ana Carolina Silva. **Um levantamento bibliográfico sobre a abordagem do cotidiano na prática social em pesquisas em Educação Química que adotam a Pedagogia Histórico-Crítica**. 2022. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Graduação em Licenciatura em Química, Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araraquara, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/216448?locale-attribute=en>. Acesso em: 23 fev. 2026.

SAMPAIO, Ana Carolina Silva; STACHOWSKI, Lucas Nakamura. **Um levantamento bibliográfico sobre a abordagem do cotidiano na prática social em pesquisas em Educação Química que adotam a Pedagogia Histórico-Crítica**. Araraquara: Unesp, 2022.

SANTANA, L. F.; MOREIRA, M. R. OS IMPACTOS JURÍDICOS E SOCIOAMBIENTAIS DA EXPLORAÇÃO DE LÍTIO NO BRASIL. **REVISTA FOCO**, [S. l.], v. 18, n. 6, p. e8792, 2025. DOI: 10.54751/revistafoco.v18n6-045.

SANTOS, Jucimara de Jesus Santos dos; SANTOS, Paloma Nascimento dos; CABRAL, Patrícia Fernanda de Oliveira. DESIGN DE ESTUDOS DE CASO HISTÓRICOS PARA AS RELAÇÕES ÉTNICO-RACIAIS: CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA. **Revista de Estudos em Educação e Diversidade - REED**, [S. l.], v. 3, n. 7, p. 1–24, 2022. DOI: 10.22481/reed.v3i7.10382.

SANTOS, Theotônio dos. **Teoria da dependência: Balanços e Perspectivas**. Florianópolis: Editora Insular, 2020.

SANTOS, Célia Aparecida Lino dos. Baterias de íons lítio para veículos elétricos. **Revista IPT | Tecnologia e Inovação**, v. 2, n. 9, p. 62-82, 2018.

SAVIANI, Dermeval. **Educação: do senso comum à consciência filosófica**. 13. ed. Campinas: Autores Associados, 2000.

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

SAVIANI, Dermeval. **Pedagogia histórico-crítica, quadragésimo ano: novas aproximações**. Campinas: Autores Associados, 2019.

SAVIANI, Dermeval. **Escola e Democracia**. 44. ed. Campinas: Autores Associados, 2021.

SAVIANI, Dermeval; DUARTE, Newton (org.). **Pedagogia histórico-crítica e luta de classes na educação escolar**. Campinas: Autores Associados, 2012.

SAYERS, Sean. **Marx and alienation: Essays on Hegelian Themes**. Canterbury, Reino Unido: Palgrave McMillan, 2011.

SINIMBÚ, Fabíola. **Vale do Lítio: exploração de metais críticos impacta comunidades em MG**. Agência Brasil, Brasília, 05 out. 2025. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/meio-ambiente/noticia/2025-10/vale-do-litio-exploracao-de-metais-criticos-impacta-comunidades-em-mg>. Acesso em 23 fev. 2026.

SILVA, Hugo Luiz Oliveira da. **Princípios didáticos histórico-críticos para o ensino de eletroquímica**. 2023. 144 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia e da Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/41826/1/Dissertao%20de%20Mestrado%20-%20Hugo%20Oliveira.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2026.

SILVA, Ana Tereza Reis da; ALMEIDA, Bárbara Ribeiro Dourado Pias de; LIMA, Lurian José Reis da Silva. Avanços e desafios na implementação da educação antirracista no Brasil. **Educação em Revista**, v. 41, e48326, p. 1-22, 2025. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-469848326>.

SILVA, J. P.; ALVINO, A. C. B.; SANTOS, M. A.; SANTOS, V. L.; BENITE, A. M. C. TEM DENDÊ, TEM AXÉ, TEM QUÍMICA: Sobre história e cultura africana e afro-brasileira no ensino de química. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 1, p. 19-26, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160056>.

SILVA, Caio Ricardo Faiad da; LIMA, Gabriela Aparecida de; ALVARENGA, Matheus Augusto F. M.; REZENDE, Daisy de Brito. A África como tema para o ensino de metais: uma proposta de atividade lúdica com narrativas do Pantera Negra. **Ludus Scientiae**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 39-56, 2018. DOI: <https://doi.org/10.30691/relus.v2i2.1505>.

SILVA, Eliane Giselle; ROYER, Marcia Regina; ZANATTA, Shalimar Calegari. Educação Ambiental no Ensino de Química: revisão de práticas didático-pedagógicas sobre pilhas e baterias no Ensino Médio. **Revista Debates em Ensino de Química**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 56-71, 2022. DOI: 10.53003/redequim.v8i1.4615.

SILVA, Luciana; VICTOR, Maurício M.; LOPES, Wilson Araújo; CUNHA, Sílvia. COBRE: PRODUÇÃO INDUSTRIAL E APLICAÇÕES. **Química Nova**, v. 42, n. 10, p. 1154-1161, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170439>.

SILVA, Maria Antonia Moura da; FALCÃO, Alcindo da Silva; SILVA, Marina Santana da; REGIANI, Anelise Maria. A Tecelagem Huni Kuin e o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 200-207, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160028>.

SILVA, Sheila dos Santos Ferreira da; PRUDÊNCIO, Christiana Andréa Vianna. A INTERFACE ENTRE RELAÇÕES ÉTNICO-RACIAIS E O ENSINO DE CIÊNCIAS: um panorama dos trabalhos publicados no ENPEC e ENEBIO. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), 14, 2023, Caldas Novas. **Anais...** [S. l.]: Editora Realize, 2023. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/enpec/2023/TRABALHO_COMPLETO_EV181_MD1_ID710_TB280_13032023190542.pdf. Acesso em: 23 fev. 2026.

SILVA, Erivanildo Lopes da. **Contextualização no Ensino de Química**: idéias e proposições de um grupo de professores. 144 f. 2007. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física/Instituto de Química/Instituto de Biociências, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2007.

STACHOWSKI, Lucas Nakamura; COLTURATO, Andriel Rodrigo; MASSI, Luciana; GONÇALVES, Danyella Martins. Dendeicultura no Pará como prática social: contribuições para uma abordagem étnico-racial no Ensino de Química. In: Encontro Nacional de Ensino de Química (Eneq), 22, 2024, Belém. **Anais...** [S. l.]: Even3, 2024. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/xxii-encontro-nacional-de-ensino-de-quimica-397660/810200-dendeicultura-no-para-como-pratica-social--contribuicoes-para-uma-abordagem-etnico-racial-no-ensino-de-quimica>. Acesso em: 23 fev. 2026.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Mineral Commodity Summaries 2023**. Reston, VA: U.S. Geological Survey, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3133/mcs2023>.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Mineral Commodity Summaries 2025**. Reston, VA: U.S. Geological Survey, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3133/mcs2025>.

TONNESEN, D. A ; LUZ, A. B.; BRAGA, P. F. A. Beneficiamento de feldspato a partir do pegmatito de Currais Novos - RN. In: Anais do II Simpósio de Minerais Industriais do Nordeste. Part IV - Pegmatitos. Campina Grande: CETEM , 2010. p.155-162.

TRÓI, Marcelo de. Carrocracia: fluxo, desejo e diferenciação na cidade. **Periódicus**, Salvador, n. 8, v. 1, p. 270-298, 2018.

TYLECOTE, R. F. **A History of Metallurgy**. 2. ed. Londres, Reino Unido: Maney, 1992.

VALE, Eduardo. O IMPACTO DAS NOVAS TECNOLOGIAS NA DEMANDA DO LÍTIO. **Radar**, v. 65, p. 11-15, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/radar65art2>.

VERRANGIA. Douglas; SILVA, Petronilha Beatriz Gonçalves e. Cidadania, relações étnico-raciais e educação: desafios e potencialidades do ensino de Ciências. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 36, n.3, p. 705-718, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-97022010000300004>.

VILELA-RIBEIRO, Eveline Borges; BENITE, Anna Maria Canavarro; SOARES, Marlon Herbert F. B. Uma revisão conceitual de metais como suporte para seu ensino. **Revista Iberoamericana de Educación**, [S. l.], v. 55, n. 4, p. 1–10, 2011. DOI: 10.35362/rie5541585.

WARTHA, Edson José; SILVA, Erivanildo Lopes da; BEJARANO, Nelson Rui Ribas Cotidiano e contextualização no ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

WATANABE, Tatiane Anju. Imperialismo ecológico: a exploração de lítio na Bolívia como “alternativa sustentável” ou “nova maldição”? **Economia Ecológica, território e desenvolvimento sustentável: perspectivas e desafios**, v. 2, p. 11-33, 2023. DOI: <https://dx.doi.org/10.37885/221211505>.

WELLS, Ione. **Por que a exploração de lítio no Chile se tornou um caso de estudo sobre um dilema global**. BBC News, 27 jul. 2025. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/ckg37npj40ro>. Acesso em: 23 fev. 2026.

ZANETI, Izabel Cristina Bruno Bacellar; SÁ, Laís Mourão; ALMEIDA, Valéria Gentil. INSUSTENTABILIDADE E PRODUÇÃO DE RESÍDUOS: a face oculta do sistema do capital. **Sociedade e Estado**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 173-192, 2009.