

O Lítio e o Atlas Mnemosyne em uma Atividade para o Ensino de Química

Lithium and Atlas Mnemosyne: an Activity for Chemical Education

Claudio Costa Vera Cruz,^{*a} Ana Paula Batalha Ramos,^a Marta Eloisa Medeiros,^b Waldmir Nascimento de Araujo Neto^b

^a Colégio Cruzeiro, R. Retiro dos Artistas 589, CEP 22770-103, Rio de Janeiro-RJ, Brasil

^b Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária, Instituto de Química, CEP 21941-909, Rio de Janeiro-RJ, Brasil

*E-mail: ccvcruz@gmail.com

Submissão: 22 de Setembro de 2025 – Aceite: 7 de Janeiro de 2026 – Publicado online: 28 de Janeiro de 2026

The article proposes and discusses a pedagogical methodology situated within Chemistry education, which mobilizes images inspired by Aby Warburg's *Atlas Mnemosyne*, reinterpreted through the contemporary lens of Georges Didi-Huberman. This approach was applied to the study of the chemical element lithium. The educational experience took place in 2021 at a private school in Rio de Janeiro, involving 103 students from four 11th-grade classes, in an interdisciplinary articulation across Arts, Physics, Geography, and Chemistry. Students produced images and audiovisual materials, which were analyzed based on the competencies of the Brazilian National Common Curricular Base and in dialogue with the United Nations 2030 Agenda Sustainable Development Goals (SDGs). The results showed that reading through montage proved fertile for analyzing and producing visual atlases, transforming them into heuristic devices and shifting the image from "illustration" to "thinking montage". The methodology encouraged the mobilization of everyday repertoires, the problematization of controversies, and the creation of audiovisual metacommentaries that challenged and expanded critical reflection on lithium in its scientific, environmental, social, and cultural contexts. In 2025, the ATLAS, was incorporated into the school's pedagogical practice as an educational resource, involving the disciplines of German, Biology, Geography, Sociology, and Chemistry.

Keywords: *Atlas Mnemosyne*; chemistry education; lithium; interdisciplinarity; sustainable development goals; thinking montage.

1. Introdução

O lítio tem se consolidado no cenário contemporâneo como um elemento crucial e, para muitos, quase uma "fórmula mágica" capaz de solucionar os desafios impostos pelos combustíveis fósseis e pela transição energética. Globalmente, é considerado essencial para a substituição de sistemas energéticos centralizados, baseados em combustíveis fósseis, por fontes renováveis e descentralizadas, em um esforço para mitigar as mudanças climáticas e garantir energia acessível e confiável. A demanda é crescente, de modo que, a União Europeia projeta que em 2030 será necessário 18 vezes mais lítio do que em 2020, e, até 2050, 60 vezes mais.¹

Essa percepção do elemento como salvador é impulsionada por um "imaginário sociotecnológico do lítio",¹ que o posiciona como um motor de futuras sociedades desejáveis. Os imaginários sociotecnológicos são visões coletivamente mantidas, institucionalmente estabilizadas e publicamente performadas de futuros desejáveis, animados por entendimentos compartilhados de formas de vida e ordem social alcançáveis e apoiadas por avanços na ciência

e tecnologia.² No contexto do lítio, este imaginário enfatiza seu papel na construção de projetos de nação e modernidade, especialmente através da ciência e tecnologia. Em nossa pesquisa, esse imaginário é o motor de nossas atividades como um ponto de partida para o debate com estudantes geracionalmente posicionados neste problema.

Nos países do chamado "Triângulo do Lítio", Chile, Argentina e Bolívia, os debates convergem para essa visão otimista, segundo a qual o elemento, por meio da inovação e da indústria, seria capaz de redefinir a relação entre economias latino-americanas e mercados globais.^{3,4} Nessa perspectiva, constrói-se uma falsa dicotomia entre matérias-primas e materiais industrializados, sustentando deterministicamente que a ciência e a tecnologia transformarão os primeiros em produtos de maior valor agregado. Assim, projeta-se para o Estado um papel ativo no investimento em pesquisa, inovação e desenvolvimento industrial, enquanto o lítio aparece como solucionador de todos os dilemas energéticos globais.

A narrativa otimista em torno do lítio como pilar da transição energética frequentemente ignora os problemas sociais, políticos e ambientais que acompanham sua extração

e seu ciclo de vida. Essa contradição, conhecida como “face obscura da transição energética” ou “extrativismo verde”,⁵ evidencia como práticas associadas às energias renováveis podem reproduzir lógicas semelhantes às da exploração de combustíveis fósseis, com sérias consequências socioecológicas. Entre os impactos ambientais estão a degradação de ecossistemas frágeis, como os salares andinos, a escassez e poluição da água em regiões áridas, a ameaça à biodiversidade e a contaminação de solos e corpos hídricos, além de impactos indiretos relacionados à infraestrutura, à poluição atmosférica e à toxicidade provocada por processos como a dessalinização.^{6,7}

No plano social, os efeitos incluem a desestruturação de modos de vida tradicionais, sobretudo de comunidades indígenas, que perdem acesso a territórios e sofrem interferências em suas práticas culturais e econômicas. Há ainda riscos à saúde de trabalhadores e populações locais expostas a altas concentrações de lítio, a ausência de participação efetiva nos processos decisórios e o uso de estratégias de manipulação por governos e empresas, fatores que alimentam protestos e conflitos sociais.⁸ Soma-se a isso, a distribuição desigual dos benefícios econômicos da mineração, que raramente correspondem às expectativas das comunidades, e a reprodução de dinâmicas coloniais em que o Norte Global se apropria dos recursos da América Latina, transformando determinadas regiões em “zonas de sacrifício”.⁹

A busca por segurança energética tende a se impor sobre preocupações ligadas à justiça social, enquanto fragilidades na governança comprometem os esforços por uma extração responsável. Nesse cenário, marcado por contexto de reservas finitas e demanda crescente, mesmo os avanços em reciclagem não eliminam a pressão por mais mineração. Diante desse quadro, torna-se essencial uma análise crítica e interdisciplinar que questione não apenas as promessas tecnológicas, mas também os futuros que estão sendo projetados e, sobretudo, quem de fato se beneficiará deles.¹⁰

Nesse processo, a educação desempenha um papel estratégico, ao inserir tais debates no espaço escolar, formando cidadãos capazes de compreender a complexidade do tema e de rejeitar soluções simplistas e “mágicas” em torno do lítio, contribuindo para projetar, inclusive, uma reflexão crítica sobre o próprio modelo capitalista de economia.¹¹

Do ponto de vista do tempo histórico, é notável e conveniente que o lítio esteja se firmando como uma solução energética no século XXI, quase duzentos anos depois de sua descoberta. O lítio entra na cena científica mundial no início do século XIX, quando a petalita ($\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$) foi identificada em 1800 pelo brasileiro José Bonifácio de Andrada e Silva (1763-1838) na ilha de Utö, Suécia. Em 1817, Johan August Arfwedson (1792-1841), no laboratório de J. J. Berzelius, detectou na petalita um novo “álcali” e reconheceu tratar-se

de um metal mais leve que o sódio e o potássio. Do círculo de Berzelius consolidou-se a designação “lithion/lithina”, de onde deriva o nome “lítio”, do grego lithos (λίθος = pedra pequena), aludindo ao fato de ter sido descoberto em um mineral.^{12,13}

Pequenas quantidades metálicas só seriam obtidas posteriormente, tornando-se viável a produção em escala apenas em 1855, graças ao trabalho de Robert Bunsen (1811-1899) e Augustus Matthiessen (1831-1870) que realizaram a eletrólise do cloreto fundido. Ainda no século XIX, Arfwedson também identificou o lítio no espodumênio ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$) e em micas líticas (filossilicato), como a lepidolita ($\text{K}(\text{Li},\text{Al})_3(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2$).¹⁴

Quanto à ocorrência e ao uso, duas rotas primárias de suprimento permanecem dominantes até hoje: (i) mais relacionada à própria história de sua descoberta, a extração a partir de rochas duras (pegmatitos, sobretudo espodumênio), com destaque para a Austrália; e (ii) uma manifestação de colonização ao sabor do século XXI, a partir de salmouras continentais dos grandes salares andinos, o “Triângulo do Lítio” - Figura 1, tradicionalmente processadas por evaporação para a obtenção de carbonato.¹⁶



Figura 1. Região fronteiriça entre Argentina, Bolívia e Chile denominada Triângulo do Lítio. Adaptado de Barandiaran¹⁵

No emprego tecnológico, além das baterias, destacam-se as aplicações em graxas lubrificantes (sabões de lítio) e como aditivos em banhos de Hall-Héroult¹⁷ (processo de refino da bauxita no qual o mineral é dissolvido em LiF) para reduzir a temperatura de fusão. Historicamente, o isótopo ^6Li desempenhou papel estratégico nos anos 1950 ao viabilizar combustíveis de fusão (deutereto de lítio-6) utilizados em armas termonucleares. Já o carbonato de lítio consolidou-se, em farmacologia, como estabilizador do humor no tratamento do transtorno bipolar.¹⁸

Com a expansão da demanda, entidades como a Sociedade Europeia de Química (EuChemS) têm chamado atenção para riscos de disponibilidade do lítio e para a necessidade de estratégias de reciclagem/substituição em cenários de transição energética, um lembrete de que a química do lítio é indissociável de seus ciclos materiais.

Há, contudo, diversos outros metais críticos - Figura 2 - que não recebem o mesmo destaque nas grandes mídias, o que faz do lítio apenas a ponta do iceberg nessa discussão sobre os desafios da transição energética.

É possível imaginar que “imagens” do lítio proliferaram largamente nesses últimos duzentos anos, mas foi com a explosão do consumo de telefone celulares, sua instalação como fetiche na sociedade, e a popularização dos carros elétricos, que o lítio se instalou definitivamente no imaginário social e tecnológico. Neste sentido, nos pareceu especialmente potente, para a constituição de atividades em aulas de Química, explorar a mobilização visual e discursiva de “imagens de lítio”. Nossa escolha metodológica para essa mobilização recuperou o *Atlas Mnemosyne*,²⁰ concebido por Aby Warburg (1866-1929), e sua atualização proposta por Georges Didi-Huberman.²¹

Aby Warburg²² e seu *Bilderatlas Mnemosyne* são referências fundadoras para o uso da montagem como ferramenta de pesquisa e de ensino. No ATLAS, Warburg propôs uma análise cultural construída por meio de imagens, valendo-se de justaposições fotográficas para tornar visíveis conexões latentes entre obras de arte, arquitetura, anúncios e registros históricos. Não se tratava de ilustrar um texto, mas de construir, com imagens, um argumento, “ensaios sem

palavras”, como definiu Berger,²³ nos quais “cada imagem se torna parte de um argumento”. Esse procedimento dialoga com dois pilares de sua obra: a *Nachleben*, sobrevivência das imagens, que acompanha deslocamentos e ressignificações no Renascimento e além; e a montagem como método, que não cria uma continuidade artificial, mas “expõe visualmente as descontinuidades do tempo que atuam em todas as sequências da história”, permitindo comparar simultaneamente várias imagens e perceber sobredeterminações em jogo.²⁴ Aby Warburg deslocou o olhar da “obra-prima” isolada para as migrações de formas, gestos e afetos ao longo do tempo. Sua investigação da *Nachleben der Antike*, a “sobrevivência” de motivos antigos, e das *Pathosformel* mostrou que as imagens operam como portadoras de memória e energia emocional que retornam, se transformam e reconfiguram sentidos em novos contextos. Em lugar de narrativas lineares, Warburg²² propôs um método de montagem, aproximando imagens de épocas e naturezas distintas para fazê-las falar por contraste, analogia e dissonância. Desse gesto nasceu o *Atlas Mnemosyne* (1924–1929), composto por pranchas de fundo negro (Figura 3), móveis e reordenáveis, onde constelações visuais tornam visíveis tensões, intervalos e anacronismos, convertendo o próprio dispositivo em um laboratório de pesquisa e pedagogia do olhar.²²

A experiência com o ATLAS evidenciou que a leitura por montagem, inspirada em Warburg e reatualizada por Didi-Huberman, constitui um caminho metodológico robusto para tratar imagens como pensamento e não como mera ornamentação. Nos três ATLAS analisados — fármacos, carros elétricos e meio ambiente — a prática de “fazer ver

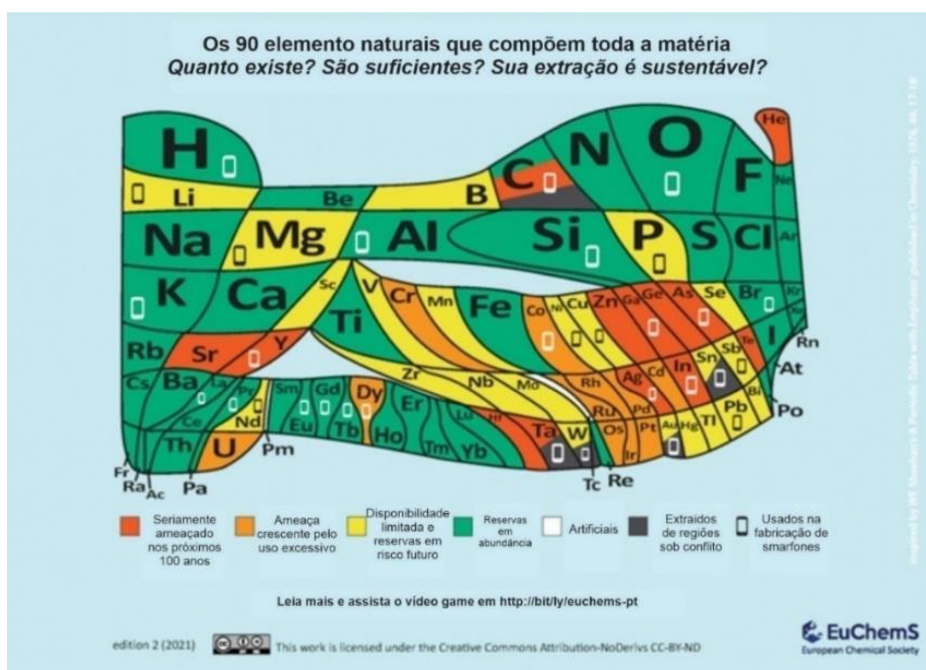


Figura 2. Tabela Periódica apresentada pela Sociedade Europeia de Química na forma de infográfico. EuChemS Periodic Table¹⁹

por vizinhanças e intervalos” permitiu que os estudantes articulassem controvérsias, tensões e repertórios cotidianos, mobilizando o lítio como matéria interdisciplinar. Essa abordagem converteu imagens em dispositivos heurísticos capazes de produzir deslocamentos conceituais e de sustentar interpretações mais matizadas sobre ciência, tecnologia e sociedade, alinhando-se diretamente às ODS, uma vez que favorece o pensamento crítico sobre tecnologias contemporâneas e seus impactos socioambientais.

Do ponto de vista pedagógico, o trabalho reafirma a potência da montagem como forma de comunicação científica coerente com as competências gerais e específicas da BNCC, sobretudo ao ampliar a noção de competência para além da transmissão unívoca de conteúdos. Ao promover a circulação entre linguagens — fotografias, diagramas, emblemas, vídeos e iconografias culturais — os estudantes realizaram operações próprias da cultura visual contemporânea, exercitando competências relacionadas à interpretação crítica de diferentes linguagens, à argumentação e à compreensão das implicações éticas, sociais e ambientais das ciências. Nesse sentido, a leitura visual se articula às habilidades previstas em Ciências da Natureza para o Ensino Médio, que demandam análise, síntese e tomada de posição fundamentada sobre controvérsias tecnocientíficas.

Enquanto produto educacional, o ATLAS deslocou decisivamente a imagem do lugar de “ilustração” para o de “autoria visual”. Os vídeos produzidos pelos grupos atuaram como metacomentários, explicitando intenções, evidenciando critérios de seleção iconográfica e tensionando narrativas dominantes sobre o lítio. Tal movimento reforça que a aprendizagem visual crítica não se consolida pelo acúmulo de dados, mas pela capacidade de hesitar, interpretar e decidir diante de promessas tecnológicas e de seus custos concretos — dimensão crucial para a formação cidadã preconizada tanto pela BNCC quanto pelas ODS, especialmente quando se trata de temas como energia limpa, mobilidade elétrica e impactos ambientais.

Por fim, os desdobramentos institucionais confirmam a força formativa dessa metodologia, uma vez que o ATLAS não foi só um experimento pontual, mas ganhou continuidade curricular. Essa metodologia foi incorporada a prática pedagógica da escola em turmas da 1ª série do Ensino Médio e hoje, ano de 2025, conta com a participação das disciplinas de Alemão, Biologia, Geografia, Sociologia e Química.

Nas últimas décadas, Georges Didi-Huberman²⁴ recolocou, tanto teoricamente quanto metodologicamente, o ATLAS no centro das humanidades visuais ao concebê-lo como uma “máquina de pensar por imagens”. Ao enfatizar a montagem como forma de conhecimento, o valor heurístico do intervalo (o que separa e relaciona) e o anacronismo como operador historiográfico, ele desloca o ATLAS de uma iconologia classificatória para um campo experimental de legibilidade:



Figura 3. Painel 46 do Atlas Mnemosyne de Aby Warburg²⁵

ler é montar, remontar e legendar. Com isso, reativa o projeto de Warburg²² como prática crítica contemporânea, curatorial, pedagógica e investigativa, capaz de articular séries visuais, produzir argumentos sensíveis e abrir hipóteses.²⁶

O conceito de *Pathosformel*, criado por Aby Warburg,³⁰ refere-se a fórmulas visuais que condensam gestos e expressões corporais marcadas por forte intensidade emocional. São formas em que o *páthos*, isto é, a emoção e o afeto, se cristaliza e atravessa os séculos, sobrevivendo em imagens e reaparecendo em diferentes contextos como marcas da memória coletiva e de arquétipos culturais. Warburg²² mostrou como cenas de dor, êxtase, luto ou fúria permanecem vivas na arte renascentista, herdadas da Antiguidade, funcionando como depósitos de afetos que a imagem transporta e reativa.²⁷ Georges Didi-Huberman,²⁶ ao retomar essa noção, a amplia ao enfatizar o caráter anacrônico das imagens: para ele, não se trata apenas de sobrevivências, mas de constelações abertas, em que gestos e afetos retornam de forma inesperada, revelando tensões históricas, políticas e subjetivas. Assim, enquanto Warburg²² catalogava essas fórmulas no *Atlas Mnemosyne*, Didi-Huberman inclui também gestos de sublevação política e faz da montagem de imagens um método crítico que não visa a síntese, mas sim a multiplicação de sentidos.²⁴ Nesse diálogo, o *Pathosformel* deixa de ser apenas um recurso para identificar sobrevivências e passa a operar como um dispositivo para pensar como os afetos circulam, reaparecem e se transformam, algo particularmente fecundo quando aplicado a atividades pedagógicas que buscam mobilizar o olhar crítico e sensível dos estudantes.

Outro conceito que usamos em nossa atividade refere-se ao “conhecimento por vizinhança”, formulado por Warburg,²² que parte da ideia de que o sentido não emerge de uma imagem isolada, mas das relações que ela estabelece com outras em seu entorno: é na proximidade, no atrito e na diferença que novos significados são produzidos. Didi-Huberman,²⁶ ao falar da “imagem que pensa”,²⁶ reforça esse caráter ativo e produtivo da imagem, não como simples ilustração de conteúdos já dados, mas como dispositivo capaz de instaurar pensamento, convocando quem a observa e quem organiza um painel *Mnemosyne* a interpretar, imaginar e problematizar. Articulados, esses conceitos oferecem à sala de aula uma base metodológica potente: ao organizarem imagens em constelações e vizinhanças, estudantes criam situações e não oferecem somente informações, aprendem a construir relações, formular hipóteses e perceber tensões históricas e culturais inscritas nas formas visuais. Nesse sentido, a imagem deixa de ser um adorno pedagógico e passa a funcionar como um operador cognitivo, um meio de mobilizar afetos e raciocínios, permitindo que sujeitos em formação experimentem a própria prática do pensar a partir do olhar.

Toda montagem de um *Atlas Mnemosyne* sugere que suas imagens estarão friccionadas. A ideia de “fricção entre imagens”²⁸ ressalta que seu encontro não é neutro, mas gera tensões, choques e deslocamentos de sentido que escapam à linearidade explicativa. Outro aspecto importante é perceber que o produto visual está condicionado por “políticas de imagem”,²⁹ ou seja, por uma visualidade situada, atravessada por disputas de poder, regimes de visibilidade e estratégias de silenciamento ou de realce. Ao integrar tais conceitos em nossa atividade, a sala de aula pode ser concebida como um espaço em que o confronto deliberado de imagens, sejam elas históricas, midiáticas ou científicas, permite revelar não apenas camadas estéticas ou narrativas, mas também as forças sociais que determinam quem pode aparecer, de que modo e em quais condições. Assim, o trabalho pedagógico com imagens deixa de buscar harmonizações fáceis e passa a explorar as fricções como oportunidade de tornar visíveis as políticas que configuram nosso olhar, formando estudantes capazes de reconhecer que montar e ver é também um ato político.

Por fim, precisamos destacar a noção de “sobrevivência”, central em Warburg,²² que entende o ATLAS como memória viva em que gestos e formas retornam em novos contextos, trazendo consigo camadas de tempo e de afeto que resistem ao esquecimento. Ao propor aos estudantes a montagem de painéis como *Atlas Mnemosyne* buscamos mostrar que cada imagem escolhida constitui uma forma condensada de conhecimento. O conceito de “condensação”³⁰ ajuda a perceber que tais sobrevivências não se apresentam de modo disperso, mas se adensam em fórmulas visuais, em gestos cristalizados que concentram experiências históricas

diversas em uma única configuração. Ao articular ambos os conceitos, podemos pensar o ATLAS como dispositivo em que a memória não apenas resiste, mas se organiza em núcleos de intensidade que condensam múltiplos tempos, emoções e narrativas. Em sala de aula, essa articulação permite mostrar aos estudantes que uma mesma imagem pode ser lida como sobrevivência de tradições antigas e, ao mesmo tempo, como condensação simbólica de tensões contemporâneas, abrindo espaço para análises críticas que cruzam passado, presente e o imaginário.

A essa tradição somam-se inflexões modernas que ampliam o alcance pedagógico da montagem. Pensar com imagens deixa de ser um recurso auxiliar e passa a constituir um modo rigoroso de investigação, que consideramos particularmente pertinente quando se busca articular cultura visual, ciências e ensino de Química. É necessário destacar que nosso projeto confronta a persistente supremacia da palavra no ensino, que tende a hierarquizar modos de expressão e avaliação. Estudantes já operam cotidianamente em regimes multimodais, o que demanda estratégias didáticas sensíveis à diversidade cognitiva e à ampliação dos modos semióticos.³¹ A “denigração da visão” diagnosticada por Martin Jay³² ajuda a explicar resistências históricas à imagem no pensamento; ainda assim, a noção de literacia visual^{33,34} permanece crucial como “treinamento sistemático da sensibilidade visual” em todo o currículo,^{35,36} e não apenas na prática artística.

Adotar imagens como documentos pedagógicos, e não como meras ilustrações, reconfigura a sala de aula. Trabalhá-las criticamente favorece a desnaturalização de “verdades imagéticas”³⁷ e desloca usos restritos, tais como motivar, decorar, ou ainda tornar simples o complexo, para explorar seu potencial argumentativo.³⁸ Imagens têm autoria, tempo e agência,³⁹ elas intervêm no cotidiano, moldam percepções coletivas e selecionam regimes de realidade; ao mesmo tempo em que nunca são uma realidade simples.²⁶ Imagens exigem contextualização de produção, circulação e recepção. Ademais, em muitos contextos indígenas, imagens são coisas vivas, e ativam laços com ancestrais e sustentam pertencimentos,⁴⁰ o que impõe cuidados éticos contra apropriações consumptivas que apagam genealogias e mitificam culturas.

É nesse terreno, metodológico, epistêmico e ético, que a montagem, herdada de Warburg²² e retrabalhada por Didi-Huberman se consolida em nosso trabalho como dispositivo pedagógico potente para uma atividade que mobiliza imagens como pensamento.

O presente artigo tem como objetivo propor e analisar uma metodologia pedagógica para o ensino de Química que utiliza a montagem de imagens, inspirada no *Atlas Mnemosyne* de Aby Warburg²² e reinterpretada a partir da abordagem de Georges Didi-Huberman,²⁶ como dispositivo para articular ciência, cultura visual e crítica socioambiental. A proposta,

desenvolvida em 2021 em um colégio da rede privada da Zona Oeste do Rio de Janeiro, envolveu 103 estudantes da 2ª série do Ensino Médio em uma experiência interdisciplinar entre Artes, Física, Geografia e Química. O trabalho buscou promover a leitura crítica dos imaginários sociotecnológicos em torno do lítio e suas implicações na transição energética contemporânea, analisando as produções dos estudantes, textos, imagens e materiais audiovisuais, à luz das habilidades previstas na BNCC e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU.⁴¹

2. Metodologia

A metodologia adotada fundamentou-se na montagem de imagens como processo de produção de sentidos, entendendo a imagem não como ilustração, mas como dispositivo de pensamento e elaboração conceitual. Inspirada no *Atlas Mnemosyne* de Aby Warburg e nas releituras contemporâneas de Georges Didi-Huberman,²⁶ a proposta traduziu o princípio da montagem em uma prática pedagógica voltada ao ensino de Química, tomando o elemento químico lítio como eixo temático.²⁷

A avaliação do impacto pedagógico da proposta baseou-se em uma abordagem qualitativa inspirada nos princípios da montagem como método^{21,33,34} e na perspectiva da pesquisa-criação com imagens.^{37,43} Partiu-se da concepção de que imagens, discursos e práticas configuram-se como dispositivos de pensamento e não apenas como ilustrações, o que implica compreender o impacto pedagógico como processo de produção de sentidos e de emancipação sensível.²¹

Neste caminho, o impacto pedagógico foi interpretado como movimento de emancipação sensível e cognitiva.²⁷ A forma dos produtos visuais e discursivos, montagens, pranchas e registros, foram examinados à luz do conceito warburgiano de *Atlas Mnemosyne*, no qual o pensamento emerge do cruzamento de imagens e tempos heterogêneos.²⁸ A análise buscou reconhecer a presença de relações anacrônicas produtivas entre imagens, a capacidade dessas composições de gerar reflexão coletiva sobre o tema e o grau de autoria e deslocamento interpretativo produzido pelos sujeitos participantes.³⁰

Avaliamos o alcance formativo das atividades a partir de indicadores qualitativos de engajamento, como a participação e continuidade nas oficinas, a apropriação dos conceitos e práticas em contextos escolares e as narrativas de reconfiguração da docência e do olhar sobre as imagens.³⁰ A análise não buscou priorizar hierarquias, mas cartografar efeitos formativos, aquilo que Didi-Huberman designa como a potência das imagens em produzir pensamento e que Warburg reconhece como *Nachleben*, a vida póstuma das formas.²⁴ O impacto pedagógico, portanto, é entendido como a capacidade do processo investigativo de gerar novos modos

de ver, sentir e narrar a experiência educativa, articulando subjetividade, memória e crítica social.

O projeto foi desenvolvido em uma escola da rede privada situada na Zona Oeste do Rio de Janeiro, com 103 estudantes da 2ª série do Ensino Médio, organizados em 21 grupos de quatro a seis integrantes. Participaram cinco docentes das áreas de Artes, Física, Geografia e Química, reunidos em seis encontros de planejamento (1h30min cada) para definir os objetivos, trilhas temáticas e instrumentos de acompanhamento. A escolha da 2ª série justificou-se pela maturidade conceitual dos alunos e pela viabilidade de práticas colaborativas, especialmente em contexto híbrido de ensino durante a pandemia de COVID-19.

A proposta foi apresentada em uma aula inaugural, denominada “Lançamento do projeto”, que introduziu os fundamentos conceituais: o lítio enquanto elemento científico e sociotécnico, o *ATLAS Mnemosyne* como metodologia de montagem e a articulação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030. Em seguida, os grupos receberam um documento orientador contendo prazos, exemplos, trilhas sugeridas, instruções para elaboração dos pré-projetos e referenciais teóricos.

As oito trilhas temáticas elaboradas coletivamente pelos docentes, com base nas competências da BNCC⁴² e nos ODS da Agenda 2030 foram: (1) células fotovoltaicas; (2) células de combustível; (3) reservas mundiais de lítio; (4) carros elétricos; (5) meio ambiente; (6) fármacos; (7) geopolítica; e (8) acumuladores de carga. Cada grupo escolheu uma trilha ou propôs tema próprio, desenvolvendo um pré-projeto de até duas páginas, com até três imagens e breve justificativa. Após esse momento inicial, os grupos tiveram o período de três semanas para desenvolver o *ATLAS*, incorporando e reorganizando as imagens segundo suas interpretações conceituais. Ao final, cada grupo produziu também um material audiovisual que explicava as conexões entre as imagens da montagem.

Durante o processo, as reuniões entre professores e grupos ocorreram por videoconferência, permitindo acompanhamento e orientação contínuos. A ênfase metodológica recaiu sobre a construção de um pensamento visual interdisciplinar, no qual os estudantes articularam imagens, conceitos científicos, dimensões históricas e problemáticas contemporâneas em uma cartografia crítica.^{43,44} A montagem, nesse contexto, foi compreendida como método de análise e criação, uma forma de pensar pela relação entre elementos visuais, capaz de gerar novas interpretações sobre o papel do lítio na sociedade e na natureza.

A interação entre diferentes áreas e linguagens possibilitou a emergência de um saber por montagem, no qual o conhecimento se produz a partir da confrontação de perspectivas, coerente com o princípio warburgiano de que as tensões entre imagens são produtoras de sentido.

A relevância da abordagem multidisciplinar revelou-se central para a efetividade da proposta. A Química constituiu o eixo articulador da atividade, ao situar o lítio como objeto de estudo que conecta ciência, tecnologia e sociedade, permitindo discutir tanto suas propriedades e aplicações quanto suas implicações ambientais e econômicas. A Geografia contribuiu ao situar o lítio em suas dimensões espaciais e geopolíticas, permitindo compreender a distribuição desigual dos recursos e seus impactos socioambientais. A Física forneceu o arcabouço conceitual necessário à compreensão dos processos energéticos e das aplicações tecnológicas do elemento, como nas células fotovoltaicas e de combustível. Já as Artes possibilitaram o exercício da sensibilidade estética e da leitura crítica das imagens, favorecendo a criação de narrativas visuais que ampliaram as possibilidades de significação. Essa confluência de saberes consolidou o caráter formativo da metodologia, ao articular diferentes modos de conhecer e expressar, promovendo uma aprendizagem mais integrada, crítica e reflexiva.

3. Resultados e Discussão

Esta seção apresenta os resultados, alinhados tanto às ODS quanto à gramática da montagem warburgiana, conforme retomada por Didi-Huberman.²⁶ Em cada ATLAS, examinamos aderências e tensões em relação a metas específicas das ODS, atentando para como escolhas iconográficas, diagramas e dados operam enquanto montagem, produzindo aproximações, fricções e anacronismos produtivos.

Mais do que inventariar conteúdos, interessa-nos a potência heurística de cada ATLAS para fazer ver relações e contradições, explorando também suas “formas de pathos” e as políticas de imagem que ativam. Assim, os resultados são interpretados como um campo de problemas nos quais promessas terapêuticas esbarram em acesso e regulação, onde a transição energética convive com cadeias extrativas, e onde narrativas ambientais disputam gramáticas de risco e cuidado. Por esse caminho, buscamos explicitar os alcances formativos para decisões visualmente críticas, potencialmente emergentes da atividade realizada.

As oito trilhas temáticas elaboradas coletivamente pelos docentes foram fundamentadas nas competências gerais da BNCC e nos ODS da Agenda 2030. O conjunto de trilhas dialoga com as três grandes competências da área de Ciências da Natureza na BNCC: compreender as ciências como construções humanas (Competência 1), utilizar o conhecimento científico para resolver problemas e tomar decisões éticas (Competência 2) e comunicar e argumentar com base em dados, evidências e linguagens específicas (Competência 3).⁴⁵ As trilhas sobre células fotovoltaicas, células de combustível e acumuladores de carga mobilizam diretamente conteúdos de eletroquímica, transformação de

energia e reações redox, possibilitando o desenvolvimento das habilidades EM13CNT304 e EM13CNT202, que envolvem o reconhecimento de transformações químicas e energéticas e a análise de seus impactos sociais e ambientais. As trilhas reservas mundiais de lítio, geopolítica e carros elétricos articularam conceitos de química dos materiais, sustentabilidade e recursos naturais às habilidades EM13CNT301 e EM13CNT303, incentivando os estudantes a interpretar mapas, dados e fluxos globais do lítio, compreendendo suas implicações tecnológicas, econômicas e éticas.

As trilhas meio ambiente e fármacos abordam questões sobre ciclos biogeoquímicos, poluição, toxicologia e uso social da química, associadas às habilidades EM13CNT104 e EM13CNT105, que enfatizam a análise de fenômenos naturais e tecnológicos sob a ótica da sustentabilidade e da saúde coletiva.⁴⁵ Nessas trilhas, o uso de imagens, cartazes, colagens e vídeos tornou-se um mediador privilegiado entre o conhecimento científico e o debate público, favorecendo a compreensão crítica das interdependências entre corpo, ambiente e tecnologia. Entendemos que o conjunto das oito trilhas configurou um movimento de subjetivação, memória e interpretação do mundo. As trilhas são espaços que se desdobram entre as narrativas postas em circulação nos meios/mídias e a experiência vivida desses estudantes, articulam conceitos, linguagens e valores éticos.

Dentre as trilhas escolhidas pelos grupos, observou-se uma nítida preferência por três eixos temáticos, Fármacos, Carros Elétricos e Meio Ambiente, além de um tema autoral intitulado “*Lítio na cozinha*”. Cada equipe produziu um ATLAS relativo à sua trilha, acompanhado de um material audiovisual que explicava as conexões entre as imagens da montagem. Dos 21 mapas produzidos, selecionamos três, um de cada uma das trilhas mais recorrentes, conforme indicado na Tabela 1 e os tratamos como painéis-constelações capazes de evidenciar deslocamentos de sentido e “sobrevivências de formas” entre ciência, política e cotidiano. Todos os ATLAS elaborados pelos grupos estão disponíveis nas informações suplementares deste artigo.

Tabela 1. Distribuição quantitativa das trilhas por grupos

Trilha Escolhida	Quantidade de Grupos
Fármacos	8
Carros Elétricos	6
Meio Ambiente	4
Lítio na Cozinha	1
Geopolítica	1
Células Fotovoltaicas	1
Total Grupos/Trilhas	21

O trabalho foi desenvolvido no período imediatamente posterior à pandemia de COVID-19, circunstância que

pode ter influenciado escolhas e repertórios iconográficos. A elevada recorrência de imagens relacionadas à saúde mental, medicamentos, efeitos colaterais e ao SUS reforça essa hipótese, ainda que não nos autorize a realizar maiores inferências. Na trilha meio ambiente, a adesão foi menor e o repertório imagético revelou uma ambivalência: metade das imagens mostraram um cenário de degradação enquanto a outra metade promessas de mitigação ou benefício.

Essa simetria, contudo, não deve ser lida como neutralidade, mas como um efeito de compensação discursiva, ou seja, um arranjo que equilibra perdas e ganhos e tende a normalizar o dilema do extrativismo do lítio. Entendemos que tal composição sugere pontos de manobra para formas de perceber o lítio enquanto recurso, entre os quais podemos destacar: (i) uma percepção mediada dos riscos ambientais, frequentemente deslocados para escalas ou territórios “outros”; (ii) a coexistência de narrativas tecnossolucionistas com danos difusos (mineração, fósseis), produzindo uma equivalência moral entre impacto e solução; e (iii) a inscrição do lítio como objeto de controvérsia pública, no qual a promessa de transição energética funciona como operador semiótico que atenua a gravidade percebida dos efeitos ecológicos e sociais.

3.1. Na trilha dos carros elétricos

Um dos mapas em foco, Figura 4, pertence à trilha carros elétricos. Ele foi selecionado por se tratar de uma montagem que faz coexistir promessas e dilemas: imagens de infraestrutura, registros de extração, cenas urbanas e indícios



Figura 4. ATLAS produzido pelos estudantes, sobre a trilha carros elétricos

de usos cotidianos. Ao articular esses elementos, o mapa atravessa metas das ODS, especialmente ODS 7 (Energia Limpa), 9 (Indústria e Inovação), 11 (Cidades Sustentáveis), 12 (Consumo Responsável) e 13 (Ação Climática), e torna evidente tanto a narrativa de descarbonização quanto os custos sociais e ambientais de suas cadeias.

Interessa-nos, em nossa análise, compreender como a montagem produz conhecimento por vizinhança: que relações emergem da proximidade entre imagens, que temporalidades se sobrepõem, que atores e territórios são visibilizados ou relegados aos bastidores. A análise a seguir rastreia esses sentidos e seus anacronismos produtivos, tal e qual posto por Warburg,²² perguntando em que medida o mapa torna legíveis os dilemas do veículo elétrico e em que pontos, ao contrário, tende a invisibilizar conflitos.

O painel adota o formato vertical (1–2–3–3) que, diferente da relativa homogeneidade dos tabuleiros do ATLAS de Warburg,²² impõe um “vetor de leitura” *top–down*. Essa assimetria não constitui um mero detalhe compositivo, mas organiza uma hierarquia de valores e afetos. No topo, a imagem única do carro azul em recarga, recortada contra um céu límpido e atravessada por um clarão difuso, funciona como epifania da “mobilidade limpa”, uma *Pathosformel* de promessa quase sacral, que ativa sobrevivências religiosas (halo, aparição) no imaginário tecnológico contemporâneo.

A segunda linha introduz um contracampo afetivo poderoso: o retrato de crianças cobertas de lama em extração artesanal, em vizinhança a um *box* de sucata digital e baterias. Neste ponto, a montagem produz conhecimento pelo intervalo, a distância mínima entre trabalho infantil e lixo eletrônico encurta o ciclo da mercadoria, evidenciando, por justaposição, tanto as condições de origem quanto as de fim de vida do artefato. Trata-se de um gesto preciso da “iconologia do entre”,²¹ em que o sentido emerge menos de cada imagem isolada do que da fricção entre elas.

Na terceira linha, três registros organizam uma constelação temporal e geopolítica: o abastecimento com combustíveis fósseis como persistência do regime térmico, o recorte cartográfico do “Triângulo do Lítio” e, por fim, a cena urbana de múltiplos pontos de recarga. A montagem evidencia a convivência anacrônica entre regimes energéticos, o “velho” que não morre, e o “novo” que ainda não se cumpre, constituindo um exemplo modelo de como o ATLAS torna visíveis tensões históricas ao pôr em vizinhança tempos e espaços heterogêneos.

A última linha interioriza o olhar no artefato: a “anatomia” do assoalho com módulos de bateria, o *close-up* do pó branco, metonímia do próprio lítio e, a alegoria do carro verde com cabo-folhagem. Do ponto de vista warburgiano, delineia-se um arco que vai da matéria indiferenciada (pó) à forma técnica (módulos) e culmina na emblematização publicitária (o verde

como ícone do que se iguala à natureza). Consideramos que a montagem expõe a oscilação entre regimes de evidência (o técnico) e regimes de crença (o alegórico), convidando o leitor a hesitar produtivamente entre ambos.

Ao dialogarmos a análise com o vídeo dos estudantes, percebemos que estes explicitam a intencionalidade compositiva: o grupo declara ter “bagunçado” o senso comum pró-carro elétrico para produzir uma montagem de forte contradição. Essa contradição foi posta em cena deliberadamente, como dispositivo de atenção e dúvida, configurando uma “montagem que pensa”, no sentido de Didi-Huberman,²⁶ mais do que um tabuleiro informativo no estilo enciclopédico.

“...gostaria de enfatizar que a nossa ideia inicial para o ATLAS foi posicionar as imagens de forma que ficassem bem contraditórias, “bagunçando” um pouco essa ideia que a maioria das pessoas tem de que os carros elétricos são a melhor coisa do mundo, misturando fotos que mostram seus pontos tanto negativos quanto positivos fazendo uma arte de forte contradição...”

Um outro integrante questiona a ideia dos carros elétricos como “solução ambiental” como se observa na transcrição:

“(...) porém isso traz à tona uma discussão... se a fonte de energia que usamos para produzir, para recarregar, for poluente, ou seja, se a eletricidade gerada for a partir da queima de um combustível fóssil como petróleo, gás ou carvão acaba que a poluição causada pelos carros será muito maior (...)”.

Fica claro, que o grupo teve êxito em identificar que, para combater a emissão de gases do efeito estufa não basta apenas a implementação do carro elétrico, é necessário que toda a cadeia de produção envolvida na geração de energia seja sustentável. Neste sentido, a constelação visual se alinha de modo mais explícito às ODS, evitando causalidades simplistas e pedindo que a promessa de descarbonização seja cotejada com condições materiais concretas.

As preocupações ambientais não se encerram aí. O mesmo grupo faz um alerta ao problema denominado “mineração artesanal”, termo que eclodiu durante a publicação do Decreto Federal nº 10.966, de 11 de fevereiro de 2022, que instituiu o programa de apoio ao desenvolvimento da mineração artesanal. Antecipam, assim, a discussão sobre os impactos ambientais e sociais dessa prática, sobretudo nas populações mais vulneráveis de países do hemisfério sul.

“A anistia internacional, o órgão que defende os direitos humanos, fez uma pesquisa que indica que

adultos e crianças trabalham em condições terríveis em área de mineração artesanal de onde são extraídas mais da metade do cobalto usado no mundo sendo ele um componente fundamental (...)”

A menção à mineração artesanal e ao relatório de direitos humanos amplia a constelação para a dimensão laboral, e repõe o tema das assimetrias globais. Neste ponto, a justaposição de imagens (trabalho infantil, mapa andino, e-lixo) opera como condensação crítica.

Consideramos que o formato vertical e os desníveis não apenas hierarquizam afetos, com uma epifania publicitária no topo, custos sociais e materiais nas linhas inferiores, mas instauram também um jogo de vizinhanças que força o leitor a oscilar entre promessa e custo. As falas dos estudantes confirmam essa intenção: provocar leituras múltiplas, pôr em fricção ícones “verdes” com imagens de extração e descarte, e deslocar o foco do veículo para o sistema energético que o sustenta.

Na trilha, os estudantes não se limitam a representar o real, o interrogam. A montagem visual faz o que a ciência, em sua forma viva, sempre faz: revela as contradições do mundo material. Nela se condensam os polos da promessa e do custo, do progresso e da exploração, da luz e do resíduo. E é precisamente nesse movimento que a experiência se inscreve na BNCC de Ciências da Natureza, ao articular imagens de extração, descarte e consumo, a ciência aparece como processo atravessado por relações de trabalho, energia e matéria.

A justaposição de imagens cumpre o papel de método, uma observação crítica da cadeia produtiva, uma anatomia visual das forças produtivas e destrutivas do nosso tempo. O que a BNCC formula em termos de habilidades (EM13CNT104 e EM13CNT201)⁴⁵ emerge aqui como prática: analisar e avaliar os impactos das transformações químicas e tecnológicas sobre a vida e o ambiente. Na fricção entre as imagens, os estudantes apreendem a ciência como campo de disputa simbólica e material, em que o discurso da sustentabilidade se choca com o extrativismo que o sustenta.

Assim, o ATLAS se alinha à BNCC pela potência de sua crítica, transforma o estudo da Química em leitura histórica das forças que a movem num exercício de pensamento que devolve à sala de aula o caráter inquieto e transformador do conhecimento. O ATLAS deixa de ser um inventário de prós e contras e se configura como um dispositivo heurístico: reabre cadeias de valor, convoca distinções e inscreve o tema na encruzilhada das ODS. Tomamos essa ambivalência dirigida como motor formativo na atividade. Aquilo que a imagem condensa, o diálogo proposto pela articulação com o vídeo desdobra, sugerindo que a transição energética só é legível quando aproximamos suas materialidades invisibilizadas.

3.2. Na trilha do meio ambiente

Na análise do ATLAS da trilha meio ambiente, Figura 5, selecionamos uma montagem que organiza determinadas normatividades visuais dialogadas como sentidos de equilíbrio entre degradação e mitigação. Essa escolha permitiu interrogar de que modo a disposição visual negocia promessas “verdes” com custos socioambientais, produzindo compensações que podem atenuar a gravidade percebida dos problemas.

Essa leitura se ancora nas metas das ODS 11 (cidades sustentáveis), 12 (consumo e produção responsáveis), 13 (ação climática) e 15 (vida terrestre), não como uma listagem de itens, mas como campo de tensão que permite avaliar em que medida o mapa torna legíveis os conflitos ambientais contemporâneos.

O ATLAS adota uma matriz horizontal 3×4 com um bloco central fundido (2×2) no terço inferior. Diferentemente da homogeneidade modular do ATLAS de Warburg,²² essa “fusão” cria um polo gravitacional de sentido: o grande emblema do planeta cindido (inferno/paraíso) organiza nossa leitura como uma distinção binária, aproximando o conjunto mais de um cartaz alegórico do que de um tabuleiro analítico.

Na parte superior, quatro imagens de baterias, sempre cromaticamente “verdes” e com destaque para a leitura intencional de uma máxima como “a força da revolução verde”, instalam, de imediato, o regime publicitário de crença na promessa de produtos cada vez melhores. Embalagens, rótulos e a própria cor operam como *Pathosformel* de promessa. A montagem, aqui, pensa por cor e por destacar tipos de derivados do lítio.

Nas linhas inferiores, a disposição das imagens vizinhas

produzem fricções: à esquerda, o registro de um salar de extração acompanhado de um carro em chamas; à direita, um automóvel esportivo elétrico em baias de recarga verdes, tendo ao fundo o horizonte idealizado de placas solares sob céu azul. Essa justaposição ativa a iconologia do entre, uma característica atribuída por Didi-Huberman²⁶ no ATLAS, de modo que o sentido emerge do intervalo que separa os custos materiais (mineração, risco) da utopia renovável (recarga, solar). O grande emblema central entrelaça essas tensões, o mal e o ruim estão à esquerda, e a promessa divina à direita. Essa polaridade, opera também uma redução, transformando-se em um moralismo cromático, metade cinza/queimada *versus* metade azul/verde.

No vídeo, o grupo inicia sua apresentação discutindo a centralidade do lítio, um elemento “tão pequeno” e, ao mesmo tempo, indispensável à movimentação de grandes dispositivos por meio da energia elétrica:

“...todos os impactos envolvendo energia são oriundos de um elemento minúsculo como o lítio...”

O lítio funciona, aqui, como metonímia da transição energética, um signo-âncora em torno do qual se organiza a constelação de sentidos. Essa montagem é eficaz e opera como uma *Pathosformel* que promete “verde”, mas que apaga as heterogeneidades materiais e históricas que sustentam essa promessa. Todavia, a potência do ATLAS não reside em fixar equivalências, e sim em provocar o pensamento entre as imagens: é no intervalo, na fricção das vizinhanças e nos anacronismos produtivos que a imagem se descondensa e volta a respirar. É justamente isso que o grupo realiza, sua montagem nos obriga a hesitar entre crença e evidência, reconectando



Figura 5. ATLAS produzido pelos estudantes sobre a trilha meio ambiente

a promessa “verde” às suas sobrevivências materiais e às camadas históricas que o signo lítio, isolado, tende a ocultar.

Os estudantes também citam os custos associados à extração de lítio:

“...o lado ruim envolve os danos causados pela mineração, tais como a poluição de lagoas e rios e o deslocamento das populações locais.... essa poluição faz com que os ecossistemas próximos sejam contaminados afetando diversos animais...”

Com essa problematização, evidencia-se que o grupo desestabiliza o binarismo alegórico do globo dividido presente no ATLAS. A contradição deixa de ser apenas no registro cromático (cinza/verde) e passa a adquirir espessura territorial e social, aproximando sua leitura das ODS 6 (saneamento), 13 e 15. Assim, a montagem faz coexistirem espaços heterogêneos na vizinhança de imagens em contradição, abrindo a percepção para uma multiplicidade de camadas que tensionam a narrativa da transição energética.

Por fim, os estudantes abordam sobre a dificuldade de reciclagem dos dispositivos de acumulação de carga:

“...a reciclagem desse material é muito difícil porque cada bateria tem uma configuração diferente, então é complicado conseguir padronizar esse processo o que a compromete como uma energia mais sustentável...”

E concluem:

“Dizem que o lítio é o petróleo do futuro, é o chamado “ouro branco” ou “maravilha mineral” por ser outra ótima fonte de armazenamento de energia, utilizada no lugar de combustíveis fósseis. No entanto, “nem tudo que brilha é relíquia nem joia.”

A afirmação de que “cada bateria tem uma configuração diferente”, presente no ATLAS, evidencia a heterogeneidade técnica em termos de formatos e montagens, o que dificulta a padronização das rotas de reuso e reciclagem. Esse dado pode ser interpretado como oportunidade de ampliar o signo “bateria” no debate, uma vez que nem toda bateria é igual e, portanto, suas estratégias de fim de vida variam e enfrentam gargalos tecnológicos.

No que se refere às máximas correntes (“ouro branco”, “petróleo do futuro”), o fechamento proposto pelo grupo “nem tudo que brilha é relíquia nem joia”, funciona como um valioso dispositivo de hesitação. Ou seja, desloca a promessa publicitária, fortemente codificada pela cor verde no topo do ATLAS, para o terreno dos riscos. Assim, a crença cromática que associa automaticamente o “verde” ao “bom” é questionada, e o ATLAS reafirma sua função de

montagem pensante, capaz de instaurar dúvida e promover reflexão crítica.

Esta trilha se inscreve na BNCC de Ciências da Natureza ao convocar novamente o estudante a compreender a ciência como empreendimento humano e a analisar criticamente suas interações com o ambiente e com as tecnologias que o transformam. As imagens do salar e da bateria “verde” operam a contradição como método, a mesma força que promete regenerar o planeta é a que o fere. Esse gesto é um novo exercício da habilidade EM13CNT104, que exige avaliar o impacto das transformações químicas e tecnológicas nos ecossistemas. Remobilizando também a habilidade EM13CNT201, voltada à análise das intervenções humanas nos ecossistemas, o ATLAS age como uma espécie de laboratório conceitual: o olhar sobre o “verde” se converte em experimento sobre o que ele oculta: os resíduos, a exploração, a desproporção entre meios e fins.

Ao problematizar a crença cromática que associa o “verde” ao “bom”, os estudantes exercitam competências da BNCC que orientam o uso de múltiplas linguagens, visuais, simbólicas, científicas, para construir e comunicar argumentos.⁴⁴ A montagem, portanto, corporifica a BNCC. O raciocínio científico aparece aqui como prática social e interpretativa, capaz de reintroduzir dúvida no lugar da propaganda. Esta trilha converte a educação científica em leitura histórica dos paradoxos que sustentam o discurso da sustentabilidade. Nela, a ciência se revela como uma forma de consciência, a consciência do limite, da finitude da matéria. E permite fazer da escola, novamente, o espaço em que essa consciência aprende a se ver nas próprias contradições do mundo que tenta compreender.

3.3. Na trilha dos fármacos

Na análise do ATLAS da trilha Fármacos (Figura 6), selecionamos uma montagem que mobiliza visualidades de cura e de cuidado contínuo, negociando a promessa terapêutica do lítio com seus custos clínicos e materiais, além do desafio imposto pela necessidade de uma leitura interdisciplinar. Essa escolha nos permite interrogar como a disposição visual articula, simultaneamente, a eficácia do fármaco com efeitos adversos.

A leitura ancora-se, por exemplo, nas metas das ODS 3 (saúde e bem-estar) e 12 (consumo e produção responsáveis), que novamente se apresentam como campo de tensão, que nos permite avaliar em que medida o ATLAS torna legíveis os conflitos entre promessa terapêutica e segurança do paciente.

Esse ATLAS da trilha fármacos se organiza como uma constelação horizontal em três colunas, com alargamento proposital da última, que atua como contrapeso estético e semântico.



Figura 6. ATLAS produzido pelos estudantes sobre a trilha fármacos

A coluna 1 encena uma genealogia do lítio que percorre o eixo geopolítico - clínico: a colagem Austrália/Dinamarca, o infográfico de “recursos mundiais de lítio por país” e, ao fim, a embalagem de carbonato de lítio. A colagem das bandeiras da Austrália e da Dinamarca opera como índice da genealogia clínica do lítio, a Austrália como lugar da descoberta terapêutica por John F. J. Cade⁴⁶ e a Dinamarca como polo de validação em ensaios controlados.^{47,48} Em vizinhança a essas âncoras, o infográfico introduz a dimensão geológica e desloca o olhar para a origem material do elemento, enquanto a embalagem do fármaco fecha a sequência na forma-remédio. Deste modo, a montagem condensa três regimes: histórico-clínico, geoeconômico e farmacêutico; e, como ATLAS nos convida a distinguir sentidos normativos de uso clínico (ODS 3) e os circuitos de produção (ODS 12).

A segunda coluna explora o campo afetivo e ético por meio de duas imagens maiores: as cabeças contrapostas (vermelho sofrimento *versus* verde alívio) e a figura curvada acorrentada a uma cápsula. Aqui, a *Pathosformel* da cura é imediatamente friccionada pela *Pathosformel* do ônus terapêutico: adesão, dependência, iatrogenia, estigma. A montagem instala o binarismo clínico (dor *versus* alívio), mas simultaneamente o problematiza, ao apresentar o custo do tratamento como corrente. Em termos de uma “iconologia do entre”,²¹ o sentido não reside em cada imagem isolada, mas no intervalo que nos obriga a hesitar entre promessa e peso do cuidado, um convite a refletir sobre efeitos adversos e modos de uso.

Ao comentar suas escolhas no vídeo, o grupo justifica a opção pela trilha “Lítio na produção de fármacos” articulando-a ao impacto da pandemia sobre a saúde mental:

“o nosso grupo escolheu essa trilha porque nós sabemos que por conta da pandemia os casos de pessoas que desenvolveram transtornos mentais aumentaram (...).”

Os estudantes citam o carbonato de lítio como medicamento produzido por uma multinacional no Brasil:

“o lítio é um remédio de uso oral em formato de comprimidos, o qual pode ser encontrado com o nome comercial de *Carbolithium*, porém o lítio é potencialmente tóxico para nosso sistema central (...).”

Fazem uma reflexão sobre uso de medicamentos e suas consequências:

“até que ponto os remédios trazem benefícios aos pacientes e como eles podem gerar uma dependência: os remédios podem ser transformar em drogas viciantes? Por isso é necessário um rigoroso controle na venda desses produtos (...).”

Nas palavras dos estudantes do grupo, as referências para a montagem estão ancoradas em aspectos da cultura pop associados ao lítio como, por exemplo, na banda de rock Nirvana:

“Nós escolhemos essa imagem (a capa do álbum do Nirvana) porque o vocalista da banda, Kurt Cobain, sofria de bipolaridade. Há uma passagem de uma música, chamada Lítio desse álbum que retrata alguns sintomas da doença: estou tão feliz hoje, encontrei

meus amigos, eles estão em minha mente. Além disso, o ritmo da música traz a ideia da bipolaridade pois começa mais devagar, e no refrão muda totalmente para uma batida bem mais pesada (...).”

Na terceira coluna, a vizinhança entre Kurt Cobain/Nirvana (“Lithium”), Van Gogh (*The Starry Night*) e Isaac Newton com o prisma monta uma constelação de tempos heterogêneos (séculos XVII, XIX e XX) destinada a pensar o lítio entre oscilação afetiva e promessa terapêutica. A tríade sugere um arco interpretativo, que vai do registro pop da ambivalência do humor de Kurt Cobain, passa pela iconografia da turbulência melancólica em Van Gogh e culmina na metáfora visual da decomposição analítica representada pela imagem de Isaac Newton. Uma proposta ousada, que estimula reflexões por meio de anacronismos produtivos.²⁴ O grupo manifesta em seu vídeo que desejava mostrar as diferenças nos “processos criativos”. E acreditamos que a tríade traduz um raciocínio interdisciplinar que atravessa tempos e campos distintos, a música popular, a pintura e a física, para questionar a própria condição do pensamento. Se todo conhecimento nasce da oscilação entre ordem e desordem, então o ato de conhecer é, ele mesmo, uma forma de equilíbrio precário. Nesse sentido, o grupo experimenta o que é pensar com imagens, cumprindo a tarefa de tornar o conhecimento científico um exercício de comunicação sensível e reflexiva.

Contudo, é necessário problematizar a aposta dos estudantes. No caso de Cobain, embora haja menções públicas ao uso de carbonato de lítio, a canção e a imagem operam sobretudo como ícones culturais, e não como evidência clínica direta. Em Van Gogh, não se pode inferir uso de lítio, a imagem funciona aqui como *Pathosformel* de exaltação/sufrimento. Já em Newton, os relatos são ainda mais indiretos e distantes. Nesse caminho, consideramos que a tríade manifesta uma hipótese iconográfica sobre representações culturais da bipolaridade, recorrendo a certa romantização do sofrimento ao associar genialidade ao transtorno.

Essa leitura reforça a dimensão interdisciplinar da atividade com o ATLAS, articulando farmacologia, (no âmbito dos efeitos terapêuticos e de monitoramento do lítio em usos clínicos), estudos culturais, história da arte e história/filosofia da ciência. A montagem evidencia a necessidade de diferentes atores/docentes para a mobilização e diálogo, preservando sua potência como “montagem que pensa”.²¹ Ao mesmo tempo, evita colapsar símbolos culturais em evidências clínicas, e sustenta o propósito do debate: a interface entre promessa terapêutica, materialidades do cuidado e sua tradução cultural.

O lítio comparece como imagem de uma nova contradição: o mesmo elemento que estabiliza corpos é aquele que desestabiliza territórios. A montagem cumpre a BNCC de Ciências da Natureza como projeto formativo que reconhece

a ciência como prática histórica e ética em constante tensão com suas consequências. A justaposição entre os ícones manifesta: a cura tem custo, e o progresso, resíduos. A leitura visual concretiza, por exemplo, o que propõem as habilidades EM13CNT205 e EM13CNT305: reconhecer os limites e alcances das explicações científicas diante de problemas complexos. Além disso, dialoga com outras habilidades associadas à Competência Específica 3,⁴⁵ que reafirmam a importância de pensar o método científico a partir das fricções e tensões entre campos e dimensões distintas: clínica e mineração, remédio e mercadoria, corpo e território. O questionamento sobre dependência, uso prolongado e riscos de iatrogenia também aciona a habilidade EM13CNT207, que orienta o estudante a discutir a relação entre ciência, tecnologia, saúde e qualidade de vida, analisando práticas sociais e econômicas vinculadas ao uso de substâncias químicas.⁴⁵ O grupo desloca a discussão da eficiência farmacológica para o campo ético-político do cuidado, produzindo o que a Competência Específica 1 da área define como compreensão das interações entre sistemas humanos e naturais em múltiplas escalas (local, regional, global).

Por fim, ao retomarmos a tríade, Kurt Cobain, Van Gogh e Isaac Newton, na perspectiva da BNCC, vemos que o grupo ativa o exercício crítico de leitura de mídias (EM13CNT302), imagens artísticas, capas de álbuns, retratos históricos, avaliadas quanto à coerência de seus argumentos e aos limites de sua interpretação científica. A prática visual transforma-se em metacognição, um modo de pensar o próprio ato de conhecer e reconhecer que a ciência não nasce da pureza da razão, mas da fricção entre imaginação e experiência, entre o visível e o invisível. O ATLAS articula os itens da BNCC ao revelar materialmente promessa de cura e o risco de dano, a substância lítio e seus sentidos.

De modo geral, a leitura dos demais ATLAS revela recorrências formais e simbólicas que reforçam a heterogeneidade da cadeia de significações em torno do lítio. As caixas de medicamentos aparecem como elementos centrais, atuando como signos de legitimidade técnica e ao mesmo tempo de banalização da substância. Imagens de cristais de minério de lítio e de tomografias cerebrais introduzem um contraste entre a materialidade mineral e a dimensão neuroquímica do corpo humano. Esse tipo de fricção evidencia a passagem do lítio do domínio geológico ao terapêutico, condensando no mesmo campo visual o percurso entre natureza e cultura, entre o elemento químico e o medicamento.

De maneira geral, nos outros ATLAS associados à trilha dos carros elétricos, prevalecem composições que mobilizam a semântica do “verde tecnológico”. Baterias, automóveis e ônibus são acompanhados de ícones de reciclagem, as setas verdes dispostas em círculo, que funcionam como ícones de sustentabilidade e reuso, frequentemente em tensão com diagramas e infográficos sobre as reservas mundiais de lítio e

a geopolítica do chamado “Triângulo do Lítio”. Como vimos, a repetição desses elementos indica a consolidação de um imaginário tecnocientífico que associa o lítio à promessa de transição energética, mas que, ao mesmo tempo, oculta os custos ambientais e sociais dessa cadeia produtiva.

Por fim, nos demais ATLAS das trilhas de meio ambiente, repete-se a cor verde como matriz importante nas composições, conforme pode ser observado nos 21 ATLAS produzidos pelos alunos - os quais podem ser verificados no material suplementar S1, S2, S3 e S4 - configurando um padrão cromático de otimismo ecológico que é continuamente tensionado pela presença de fábricas em chamas e fumaça, além de, novamente, imagens do minério em seu estado bruto. Esses contrapontos visuais produzem o que Warburg chamaria de *Pathosformel* da modernidade, a oscilação entre esperança e catástrofe, regeneração e exaustão.²² Assim, mesmo sem a descrição exaustiva de todos os mapas, pode-se afirmar que as três trilhas que analisamos, formam uma constelação visual que explicita a circulação global do lítio e as ambivalências de seu uso: entre cura e dependência, progresso e exaustão, verde e cinza.

4. Conclusão

A experiência com o ATLAS evidenciou que a leitura por montagem, inspirada em Warburg e reatualizada por Didi-Huberman, constitui um caminho metodológico robusto para tratar imagens como pensamento e não como mera ornamentação. Nos três ATLAS analisados — fármacos, carros elétricos e meio ambiente — a prática de “fazer ver por vizinhanças e intervalos” permitiu que os estudantes articulassem controvérsias, tensões e repertórios cotidianos, mobilizando o lítio como personagem interdisciplinar. Essa abordagem converteu imagens em dispositivos heurísticos capazes de produzir deslocamentos conceituais e de sustentar interpretações mais matizadas sobre ciência, tecnologia e sociedade, alinhando-se diretamente às ODS, uma vez que estimula o pensamento crítico sobre tecnologias contemporâneas e seus impactos socioambientais.

Do ponto de vista pedagógico, o trabalho reafirma a potência da montagem como forma de comunicação científica coerente com as competências gerais e específicas da BNCC, sobretudo ao ampliar a noção de competência para além da transmissão unívoca de conteúdos. Ao promover a circulação entre linguagens — fotografias, diagramas, emblemas, vídeos e iconografias culturais — os estudantes realizaram operações próprias da cultura visual contemporânea, exercitando competências relacionadas à interpretação crítica de diferentes linguagens, à argumentação e à compreensão das implicações éticas, sociais e ambientais das ciências. Nesse sentido, a leitura visual se articula às habilidades previstas em Ciências da Natureza para o Ensino Médio, que demandam

análise, síntese e tomada de posição fundamentada sobre controvérsias tecnocientíficas.

Enquanto produto educacional, o ATLAS deslocou decisivamente a imagem do lugar de “ilustração” para o de “autoria visual”. Os vídeos produzidos pelos grupos atuaram como metacomentários, explicitando intenções, evidenciando critérios de seleção iconográfica e tensionando narrativas dominantes sobre o lítio. Tal movimento reforça que a aprendizagem visual crítica não se consolida pelo acúmulo de dados, mas pela capacidade de hesitar, interpretar e decidir diante de promessas tecnológicas e de seus custos concretos — dimensão crucial para a formação cidadã preconizada tanto pela BNCC quanto pelas ODS, especialmente quando se trata de temas como energia limpa, mobilidade elétrica e impactos ambientais.

Por fim, os desdobramentos institucionais confirmam a força formativa dessa metodologia, uma vez que o ATLAS não foi só um experimento pontual, mas ganhou continuidade curricular. Essa metodologia foi incorporada a prática pedagógica da escola em turmas da 1ª série do Ensino Médio e, em 2025, conta com a participação das disciplinas de Alemão, Biologia, Geografia, Sociologia e Química.

Informações Suplementares

Nas informações suplementares encontram-se disponíveis todos os ATLAS produzidos pelos alunos e estão disponíveis gratuitamente em <https://rvq.s bq.org.br/pdf/PROFQUI2026-5088-MS>.

Agradecimentos

Ao Programa de Mestrado Profissional em Química em rede Nacional (PROFQUI) pelo apoio e realização desta pesquisa. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio institucional.

Referências Bibliográficas

1. Wolters, L.; Brusselsaers, J.; The energy transition paradox: How lithium extraction puts pressure on environment, society, and politics. *The Extractive Industries and Society* **2024**, *19*, 101498. [[Crossref](#)]
2. Jasanoff, S.; Kim, S.; *Dreamscapes of modernity: sociotechnical imaginaries and the fabrication of power*. University of Chicago Press: Chicago, 2015. [[Link](#)]
3. Chaudary, M. S. A.; Lithium dreams, local struggles: Navigating the geopolitics and socio-ecological costs of a low-carbon future. *Energy Research & Social Science* **2025**, *121*, 103952. [[Crossref](#)]
4. Bainton, N. A.; Owen, J. R.; Kemp, D.; Marston, G.; Rodriguez, A.; The energy-extractives nexus and the just transition. *Sustainable Development* **2021**, *29*, 624. [[Crossref](#)]

5. Berrich, O.; Mafakheri, F.; Dabbou, H.; Renewable Energy Transition and the Paris Agreement: How Governance Quality Makes a Difference? *Energies* **2024**, *17*, 4238. [Crossref]
6. Jaradat, A.; Noble, B.; Poelzer, G.; Youth as energy citizens or passive actors? A critical review of energy transition scholarship. *Energy Research & Social Science* **2024**, *108*, 103405. [Crossref]
7. Voskoboynik, D. M.; Andreucci, D.; Greening extractivism: Environmental discourses and resource governance in the ‘Lithium Triangle’. *Environment and Planning E: Nature and Space* **2022**, *5*, 787. [Crossref]
8. Bonelli, C.; Gamba, M.; Underground Roots for Ancestral Futures: Exploring Lithium Through an Experimental Alliance Between Chemistry and Anthropology. *Science, Technology, & Human Values* **2024**. [Crossref]
9. Walter, M.; Deniau, Y.; Herrera Vargas, V.; The politics of “green” extraction frontiers: Mapping metals and mineral mining conflicts related to the energy transition in the Americas. *Critical Sociology* **2025**, *51*, 907. [Crossref]
10. Mejia-Muñoz, S.; Babidge, S.; Lithium extractivism: Perpetuating historical asymmetries in the ‘Green economy’. *Third World Quarterly* **2023**, *44*, 1119. [Crossref]
11. Delaney, S.; Donnelly, S.; Rochette, E.; Orgill, M.; A system mapping activity to visualize lithium’s interconnectedness to societal and environmental aspects of the green energy transition. *Chemistry Teacher International* **2024**, *6*, 149. [Crossref]
12. Fountoulakis, K. N.; The Rise of a Legend: Lithium and the Extraordinary Story of Its Discovery. *Pharmaceuticals* **2025**, *18*, 1230. [Crossref]
13. Strobusch, A. D.; Jefferson, J. W.; The Checkered History of Lithium in Medicine. *Pharmacy in History* **1980**, *22*, 72. [Link]
14. Johnson, F. N.; *The History of Lithium Therapy*, 1a ed., Palgrave Macmillan: London, 1984. [Crossref]
15. Barandiarán, J.; Lithium and development imaginaries in Chile, Argentina and Bolivia. *World Development* **2019**, *113*, 381. [Crossref]
16. Manthiram, A.; An Outlook on Lithium-Ion Battery Technology. *ACS Central Science* **2017**, *3*, 1063. [Crossref]
17. Lindsay, S. J.; Welch, B. J.; A Review: Understanding the Science and the Impacts of Impurities upon the Electrolytic Bath of Hall–Héroult Reduction Cells. *JOM* **2021**, *73*, 1196. [Crossref]
18. Alda, M.; Lithium in the treatment of bipolar disorder: pharmacology and pharmacogenetics. *Molecular Psychiatry* **2015**, *20*, 661. [Crossref] [PubMed]
19. European Chemical Society. EuChemS Periodic Table 2023. Disponível em: <<https://www.euchems.eu/euchems-periodic-table/#>>. Acesso em: 06 novembro 2025.
20. Serva, L. P.; “Atlas Mnemosyne”, que Aby Warburg deixou inacabado, renasce em versão “original”. *Galáxia* **2021**, *46*, e52153, 1. [Crossref]
21. Didi-Huberman, G.; *Diante da imagem*, 1a ed., Editora 34: São Paulo, 2013.
22. Warburg, A.; *A renovação da antiguidade pagã*, 1a ed., Contraponto: Rio de Janeiro, 2013.
23. Berger, J.; *Modos de ver*, 1a ed., trad. Prado, L. T. I.; Rocco: Rio de Janeiro, 1999.
24. Didi-Huberman, G.; *The Surviving Image: Phantoms of Time and Time of Phantoms. Aby Warburg’s History of Art*, 1a ed., Pennsylvania State University Press: University Park, 2012. [Link]
25. Atlas Mnemosyne de Aby Warburg, Painei 46. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/47334627/figure/fig1/AS:638063898288130@1529137696589/Painei-n46-do-Mnemosyne-Aby-Warburg.png>>. Acesso: 25 novembro 2025
26. Didi-Huberman, G.; *Atlas, ou a gaia ciência inquieta*, 1a ed., Editora UFMG: Belo Horizonte, 2018.
27. Becker, C.; Aby Warburg’s Pathosformel as methodological paradigm. *Journal of Art Historiography* **2013**, *1*. [Link]
28. Fernandes, R. A.; Entre sobrevivências e metamorfoses: a montagem de imagens em Aby Warburg e André Malraux. *Rapsódia* **2020**, *1*, 165. [Crossref]
29. Marinho, C. R. F.; *Tese de Doutorado*, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2020. [Link]
30. Imparato, M.; A “Imagem-Sintoma” em Georges Didi-Huberman. *ARS* **2024**, *22*, e-213992. [Crossref]
31. Bezemer, J.; Kress, G.; *Multimodality, Learning and Communication: A Social Semiotic Frame*, 1a ed., Routledge: London, 2016. [Crossref]
32. Jay, M.; *Downcast Eyes: The Denigration of Vision in Twentieth-Century French Thought*, 1a ed., University of California Press: Berkeley, 1993. [Crossref]
33. Santaella, L.; *Leitura de imagens*, 1a ed., Editora Melhoramentos: São Paulo, 2012.
34. Arnheim, R.; *Visual Thinking*, 1a ed., University of California Press: Berkeley, 1969. [Link]
35. Sardelich, M. E.; Leitura de imagens, cultura visual e prática educativa. *Cadernos de Pesquisa* **2006**, *36*, 451. [Crossref]
36. Coutinho, L. M.; Girardello, G.; A cultura digital no currículo: cenários atuais. *Revista e-Curriculum* **2021**, *19*, 57. [Crossref]
37. Souza, J. V. A.; Mnemosyne na escola: ensaio acerca do uso de documentos imagéticos no ensino de história. *Interfaces da Educação* **2018**, *9*, 184. [Crossref]
38. Wedekin, L. M.; A sublevação de Atlas: notas sobre o método de Georges Didi-Huberman. *Revista Educação, Artes e Inclusão* **2019**, *15*, 27. [Crossref]
39. Schwarcz, L. M.; Lendo e agenciando imagens: o rei, a natureza e seus belos naturais. *Sociologia & Antropologia* **2014**, *4*, 391. [Crossref]
40. Marcondes, M. J. A.; Arte indígena contemporânea: apagamento e estratégias de visibilidade das culturas ameríndias no Brasil. *Artelogie* **2023**, *20*, 10. [Crossref]
41. Organização das Nações Unidas (ONU); *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em 24 novembro 2025.

42. BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>. Acesso em 24 novembro 2025.
43. Marotta, T.; Feeling, thinking, and not seeing: how images engage and disengage in an information-saturated world – a neurophenomenological perspective. *Media Practice and Education* **2024**, *25*, 35. [Crossref]
44. Leone, M.; Semiotics of the black box: on the rhetorics of algorithmic images. *Visual Communication* **2024**, *23*, 3. [Crossref]
45. BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio*. Disponível em: <<https://www.gov.br/mec/pt-br/cne/bncc-2013-ensino-medio>>. Acesso em 24 novembro 2025.
46. Cade, J. F. J.; Lithium salts in the treatment of psychotic excitement. *Medical Journal of Australia* **1949**, *2*, 349. [Crossref] [PubMed]
47. Rybakowski, J. K.; Vinberg, M.; Kessing, L. V.; Malhi, G. S.; Selo, M.; Licht, R. W.; Mogens Schou (1918-2005): A scientist, a doctor and a lithium champion. *Bipolar Disorders* **2018**, *20*, 680. [Crossref] [PubMed]
48. Oliveira, T. R. M. O.; Paraíso, M. A.; Mapas, dança, desenhos: a cartografia como método de pesquisa em educação. *Pro-Posições* **2012**, *23*, 159. [Link]
49. Lousada, E. G.; Fazon, F.; O papel do comentário escrito no método da instrução ao sócia e seu uso na formação de professores. *Scripta* **2019**, *23*, 109. [Crossref]