

MINERAIS CRÍTICOS E TRANSIÇÃO ENERGÉTICA: inovação, sustentabilidade e justiça socioambiental no debate internacional

1 INTRODUÇÃO

A transição energética, embora fundamental para a descarbonização e o enfrentamento das mudanças climáticas, apoia-se em tecnologias intensivas em insumos minerais estratégicos (ARENDRT et al., 2020; DOU et al., 2023). Minerais como lítio, cobalto, níquel e terras raras são críticos para baterias e veículos elétricos, reordenando as prioridades industriais globais (DOU et al., 2023; WOLTERS & BRUSSELAERS, 2024). Esse processo global de transição potencializa um paradoxo: ao buscar reduzir emissões, a extração desses materiais reforça dinâmicas históricas de extrativismo e produção de desigualdades socioambientais (WOLTERS & BRUSSELAERS, 2024; CANELAS & CARVALHO, 2023). Em regiões vulneráveis, novos empreendimentos minerários intensificam conflitos territoriais, violações de direitos e degradação de ecossistemas (MATANZIMA, 2024; HEREDIA ET AL., 2020).

Diante desse contexto, o presente estudo apresenta um mapeamento da literatura internacional sobre os efeitos da exploração de minerais críticos no âmbito da transição energética, com foco em conflitos socioambientais, infrações a direitos humanos e impactos ambientais. O objetivo é sintetizar as principais evidências científicas, ressaltando implicações distributivas e conceituais. Esse esforço se alinha a uma agenda de economia política ambiental (MARTINEZ-ALIER, 2002), enfatizando a justiça ambiental como lente de análise. Ao mesmo tempo, a pesquisa permite inferir implicações relevantes para o debate sobre inovação para a sustentabilidade, ao evidenciar como os atuais modelos de transição energética, embora orientados por metas de descarbonização, podem também reproduzir riscos socioambientais e institucionais que desafiam práticas mais inclusivas e equitativas no setor mineral.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A literatura emergente articula o debate sobre minerais críticos à perspectiva dos conflitos socioambientais e da justiça ambiental. A transição energética é frequentemente apresentada como solução sustentável, mas análises críticas indicam que ela pode reproduzir lógicas coloniais de extração (HEREDIA et al., 2020; MATANZIMA, 2024). O conceito de “extrativismo verde” mostra que projetos minerários rotulados como ecológicos frequentemente reiteram práticas predatórias, impondo perdas territoriais e ambientais a comunidades locais (CANELAS & CARVALHO, 2023). Nesse sentido, a teoria dos conflitos ecológicos-distributivos de Martinez-Alier (2002) inspira a interpretação dos achados: expectativas de benefícios amplos contrastam com custos concentrados em populações periféricas (HEREDIA et al., 2020; WOLTERS & BRUSSELAERS, 2024).

Outro arcabouço teórico relevante é o da justiça epistêmica e de procedimentos. Estudos mostram que saberes tradicionais são deslegitimados nos processos decisórios da mineração, aprofundando a marginalização de povos indígenas e comunidades rurais (ZHOU & BROWN, 2024; CANELAS & CARVALHO, 2023). Essa “violência epistêmica” e as barreiras à consulta prévia reforçam um padrão descrito como “colonialismo verde” (HEREDIA et al., 2020; MATANZIMA, 2024). Assim, a transição energética, longe de ser neutra, evidencia tensões entre metas climáticas globais e direitos locais (HAILES, 2022; OWEN et al., 2022). A governança

mineral global, argumentam os autores, deve ser repensada com base em participação comunitária, transparência e respeito ao consentimento informado (OWEN et al., 2022; HAILES, 2022).

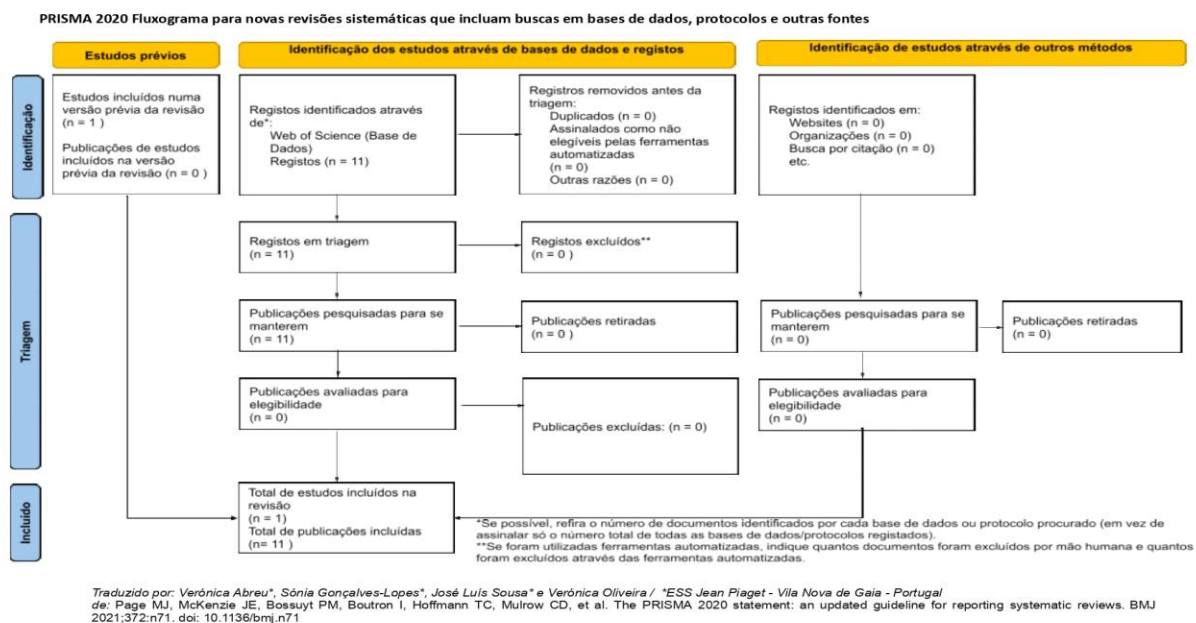
Nesse quadro, ainda que o foco recaia sobre conflitos e desigualdades, os referenciais mobilizados também oferecem implicações para o debate sobre inovação para a sustentabilidade, ao indicar que transições tecnológicas só serão efetivamente sustentáveis se acompanhadas por arranjos institucionais que mitiguem riscos socioambientais e assegurem práticas mais inclusivas.

3 METODOLOGIA

Para mapear o panorama de conflitos e impactos socioambientais associados à exploração de minerais críticos no contexto da transição energética, adotou-se a metodologia de *scoping review* da literatura acadêmica, conforme as diretrizes de Peters et al. (2020). A estratégia de busca foi construída a partir do acrônimo PCC (População, Conceito e Contexto), que orientou a pergunta de pesquisa: “O que a literatura acadêmica tem produzido sobre conflitos ambientais, infrações a direitos humanos e impactos socioambientais decorrentes da exploração de minerais críticos para a transição energética?”

O processo de levantamento seguiu o protocolo PRISMA-ScR, contemplando definição de palavras-chave e operadores booleanos para termos relacionados a “minerais críticos”, “transição energética”, “conflitos socioambientais”, “direitos humanos” e “impactos ambientais”. A coleta, finalizada em outubro de 2024, resultou em 11 artigos elegíveis após leitura de títulos, resumos e textos completos, de acordo com critérios de inclusão previamente estabelecidos. as etapas foram documentadas no fluxograma PRISMA (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma PRISMA: resultados das etapas de seleção e inclusão dos documentos para a revisão sobre o Panorama Internacional Minerais Críticos



Fonte: elaboração própria, seguindo as orientações de Peters et al (2020)

Para cada artigo, realizou-se extração sistemática de informações sobre objetivos, métodos, resultados e conclusões, posteriormente organizadas em eixos temáticos que permitiram consolidar um corpus documental coerente e relevante.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O corpus da literatura mapeada permitiu identificar três eixos analíticos centrais, que agregam os textos resultantes da *scoping review* e estruturam os principais temas identificados.

Quadro 1. Eixos temáticos na literatura revisada

Eixo Temático	Contribuições para cada eixo (Autor, ano)
1. Conflitos Socioambientais dentro do escopo da exploração de minerais críticos para a transição energética, envolvendo disputas por território, recursos naturais e modos de vida.	Matanzima, Joshua, 2024; Zhou, Ronghui; Brown, David, 2024; Canelas, Joana; Carvalho, Antonio, 2023; Owen, John R.; Kemp, Deanna; Harris, Jill; Lechner, Alex M.; Lebre, Eleonore, 2022; Hailes, O (Hailes, Oliver), 2022; Heredia, Florencia; Martinez, Agostina L.; Surraco Urtubey, Valentina, 2020
2. Infrações aos direitos humanos no contexto da extração de minerais críticos, com ênfase em violações associadas a dinâmicas de exploração, deslocamento forçado e condições degradantes de trabalho.	Matanzima, Joshua, 2024; Wolters, Leander; Brusselaers, Jan, 2024; Zhou, Ronghui; Brown, David, 2024; Urbina, Cecilia; Schafer, Joaquin, 2024; Canelas, Joana; Carvalho, Antonio, 2023; Dou, Shiquan; Xu, Deyi; Zhu, Yongguang; Keenan, Rodney, 2023; Owen, John R.; Kemp, Deanna; Harris, Jill; Lechner, Alex M.; Lebre, Eleonore, 2022; Hailes, O (Hailes, Oliver), 2022; Heredia, Florencia; Martinez, Agostina L.; Surraco Urtubey, Valentina, 2020
3. Impactos Socioambientais resultantes da cadeia produtiva de minerais críticos utilizados na transição energética, incluindo degradação ambiental, comprometimento de ecossistemas e efeitos sobre populações locais.	Matanzima, Joshua, 2024; Wolters, Leander; Brusselaers, Jan, 2024; Zhou, Ronghui; Brown, David, 2024; Urbina, Cecilia; Schafer, Joaquin, 2024; Canelas, Joana; Carvalho, Antonio, 2023; Dou, Shiquan; Xu, Deyi; Zhu, Yongguang; Keenan, Rodney, 2023; Felipe-Andreu, Javier; Valero, Antonio; Valero, Alicia, 2022; Owen, John R.; Kemp, Deanna; Harris, Jill; Lechner, Alex M.; Lebre, Eleonore, 2022; Hailes, O (Hailes, Oliver), 2022; Arendt, Rosalie; Muhl, Marco; Bach, Vanessa; Finkbeiner, Matthias, 2020; Heredia, Florencia; Martinez, Agostina L.; Surraco Urtubey, Valentina, 2020

Fonte: elaboração própria a partir de dados de pesquisa.

4.1 CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS E TERRITÓRIOS

A extração de minerais críticos desencadeia conflitos sobre terras, água e modos de vida tradicionais, frequentemente legitimados pelo discurso da “transição verde”, mas em continuidade com lógicas extrativistas (MATANZIMA, 2024; ZHOU & BROWN, 2024; CANELAS & CARVALHO, 2023). Em contextos de fragilidade institucional, registram-se violações de direitos e aprofundamento de desigualdades. O caso da mina de lítio Sabi Star, em Buhera (Zimbábue), documentado por Matanzima (2024), expõe deslocamentos forçados, exumação de sítios sagrados e ausência de consulta prévia, ilustrando o “extrativismo verde”. Em escala comparativa, Zhou e Brown (2024) cunham “epistemicídio” para descrever a exclusão de saberes locais (Sami, no Ártico, e povos andinos), enquanto Canelas e Carvalho (2023) destacam a “violência extrativista” em Portugal, onde resistências comunitárias são criminalizadas, transformando territórios em “zonas de sacrifício verde”. Owen et al. (2022) reforçam que muitos projetos de energia renovável incidem sobre territórios indígenas sem consulta efetiva, alertando que tal aceleração constitui “atalho para o fracasso”. Propõem-se, em contrapartida, modelos de governança mineral baseados em justiça social, direitos territoriais e poder de veto comunitário. No plano jurídico, tratados de

comércio e investimento ainda favorecem interesses corporativos, exigindo reinterpretação à luz dos direitos humanos (HAILES, 2022).

4.2 VIOLAÇÕES DE DIREITOS HUMANOS

Os estudos analisados documentam violações recorrentes de direitos humanos, como remoção compulsória, perda de territórios e precarização laboral, justificadas pela “urgência climática” (MATANZIMA, 2024; WOLTERS & BRUSSELAERS, 2024; ZHOU & BROWN, 2024; DOU et al., 2023; OWEN et al., 2022). Em Buhera, comunidades foram reassentadas em condições precárias, com benefícios apropriados por governos e empresas (MATANZIMA, 2024). Em Portugal, repressões semelhantes ocorreram no Barroso (WOLTERS & BRUSSELAERS, 2024). Além da violência física, há dimensões epistêmicas: Zhou e Brown (2024) descrevem a exclusão de povos Sami e Atacamenhos das arenas decisórias, enquanto Canelas e Carvalho (2023) associam esse processo à “violência extrativista”. As mulheres são especialmente afetadas, com saberes de cuidado da água e da agroecologia deslegitimados (ZHOU & BROWN, 2024). Na América Latina, a drenagem de salmouras de lítio intensifica secas, afetando povos andinos; Urbina e Schäfer (2024) defendem a devida diligência em direitos humanos como mecanismo jurídico de mitigação. Casos africanos revelam persistência de trabalho infantil, forçado e vínculos com conflitos armados (DOU et al., 2023). Mesmo onde há formalidade de consultas, estas são manipuladas, reforçando desigualdades de gênero e etnia (OWEN et al., 2022). Hailes (2022) evidencia que acordos de proteção ao investimento frequentemente se sobrepõem a direitos coletivos, esvaziando salvaguardas como a Convenção 169 da OIT.

4.3 IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS

A demanda crescente por minerais expõe um paradoxo: a mineração doméstica na Europa ou nas salmouras andinas ameaça aquíferos, solos e saúde pública, mesmo sob regulação (WOLTERS & BRUSSELAERS, 2024). Os autores defendem economia circular e critérios mais rigorosos de sustentabilidade.

Impactos sociais incluem conflitos fundiários, deslocamentos e, em contextos de fragilidade política, financiamento indireto de violências. Dou et al. (2023) destacam que a disputa geopolítica por depósitos minerais acirra nacionalismos de recurso e instabilidade de mercado, exigindo governança internacional para repartição equitativa de riscos e benefícios.

Casos do “Triângulo do Lítio” (Argentina, Bolívia, Chile) mostram rebaixamento de aquíferos e perda de biodiversidade, afetando meios de vida tradicionais sem compensações justas (HEREDIA et al., 2020). Estudos na bioregião Cantábrico-Mediterrânea (Espanha) revelam déficit material e ecológico em cenários de energia 100% renovável, apontando a necessidade de integrar planejamento energético, ordenamento territorial e redução da demanda (FELIPE-ANDREU et al., 2022).

Em Buhera e em Trás-os-Montes, injustiças distributivas, procedimentais e de reconhecimento evidenciam a ausência de consentimento livre, prévio e informado, transformando projetos “verdes” em fonte de novos conflitos (MATANZIMA, 2024; CANELAS & CARVALHO, 2023; OWEN et al., 2022; ZHOU & BROWN, 2024).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A literatura convergente indica que a transição energética, tal como conduzida, tende a reproduzir práticas extrativistas e a aprofundar assimetrias socioambientais: povos indígenas, comunidades locais e ecossistemas vulneráveis arcam com custos sociais e ambientais, enquanto benefícios se concentram em corporações transnacionais e elites nacionais, configurando o chamado “colonialismo verde” (HEREDIA et al., 2020; MATANZIMA, 2024). Esse paradoxo se expressa na associação entre minerais essenciais à descarbonização e cadeias marcadas por deslocamentos forçados, degradação ambiental e trabalho degradante, inclusive infantil, em diferentes regiões (DOU et al., 2023; WOLTERS & BRUSSELAERS, 2024).

Além dos impactos visíveis - contaminação, perda de biodiversidade e escassez hídrica -, emergem violências epistêmicas e procedimentais que agravam desigualdades de gênero e étnicas, silenciando mulheres e deslegitimando povos tradicionais (CANELAS & CARVALHO, 2023; ZHOU & BROWN, 2024). No plano institucional, tratados comerciais e de investimento continuam privilegiando a proteção do capital sobre os direitos coletivos, fragilizando mecanismos de consulta prévia previstos em convenções internacionais (HAILES, 2022).

Frente a esse cenário, autores apontam para a necessidade de uma governança mineral global fundada em justiça socioambiental, participação comunitária desde a concepção dos projetos, devida diligência em direitos humanos e reinterpretação de acordos de investimento à luz de compromissos climáticos e sociais (OWEN et al., 2022; URBINA & SCHÄFER, 2024). Complementarmente, a descarbonização deve ser acompanhada por estratégias de economia circular e revisão dos padrões de produção e consumo, a fim de evitar a externalização da “pegada ecológica” (WOLTERS & BRUSSELAERS, 2024; FELIPE-ANDREU et al., 2022; ARENDT et al., 2020).

Em síntese, trata-se de reformular a transição energética como projeto de justiça socioambiental planetária, capaz de reconhecer conflitos e desigualdades para transformá-los em oportunidades de mudança. Nesse sentido, os achados também oferecem implicações para o debate sobre inovação para a sustentabilidade, ao sugerirem que transições tecnológicas só serão efetivamente sustentáveis quando acompanhadas por arranjos institucionais e sociais que assegurem equidade, participação e respeito aos direitos humanos.

REFERÊNCIAS

- ARENDT, R.; MUHL, M.; BACH, V.; FINKBEINER, M. Criticality assessment of abiotic resource use for Europe: application of the SCARCE method. **Resources Policy**, v. 67, art. 101650, ago. 2020. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101650.
- CANELAS, J.; CARVALHO, A. The dark side of the energy transition: extractivist violence, energy (in)justice and lithium mining in Portugal. **Energy Research & Social Science**, v. 100, art. 103096, jun. 2023. DOI: 10.1016/j.erss.2023.103096.
- DOU, S.; XU, D.; ZHU, Y.; KEENAN, R. Critical mineral sustainable supply: challenges and governance. **Futures**, v. 146, art. 103101, fev. 2023. DOI: 10.1016/j.futures.2023.103101.
- FELIPE-ANDREU, J.; VALERO, A.; VALERO, A. Territorial inequalities, ecological and material footprints of the energy transition: case study of the Cantabrian-Mediterranean bioregion. **Land**, v. 11, n. 11, art. 1891, nov. 2022. DOI: 10.3390/land11111891.
- HAILES, O. Lithium in international law: trade, investment, and the pursuit of supply chain justice. **Journal of International Economic Law**, v. 25, n. 1, p. 148–170, mar. 2022. DOI: 10.1093/jiel/jgac002.

HEREDIA, F.; MARTINEZ, A. L.; SURRACO URTUBEY, V. The importance of lithium for achieving a low-carbon future: overview of the lithium extraction in the “Lithium Triangle”. **Journal of Energy & Natural Resources Law**, v. 38, n. 3, p. 213–236, jul. 2020. DOI: 10.1080/02646811.2020.1784565.

MARTINEZ-ALIER, J. **The environmentalism of the poor**: a study of ecological conflicts and valuation. São Paulo: Editora Contexto, 2002.

MATANZIMA, J. Disempowered by the transition: manipulated and coerced agency in displacements induced by accelerated extraction of energy transition minerals in Zimbabwe. **Energy Research & Social Science**, v. 117, art. 103727, nov. 2024. DOI: 10.1016/j.erss.2024.103727.

OWEN, J. R.; KEMP, D.; HARRIS, J.; LECHNER, A. M.; LEBRE, E. Fast track to failure? Energy transition minerals and the future of consultation and consent. **Energy Research & Social Science**, v. 89, art. 102665, jul. 2022. DOI: 10.1016/j.erss.2022.102665.

PETERS, M. D. J.; MARNIE, C.; TRICCO, A. C.; et al. Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. **JBI Evidence Synthesis**, v. 18, n. 10, p. 2119–2126, out. 2020. DOI: 10.11124/JBIES-20-00167.

URBINA, C.; SCHÄFER, J. Human rights due diligence as a risk management instrument for the mining industry in an energy transition scenario: assessing the Chilean experience. **Journal of Energy & Natural Resources Law**, fev. 2024. DOI: 10.1080/02646811.2024.2303273.

WOLTERS, L.; BRUSSELAERS, J. The energy transition paradox: how lithium extraction puts pressure on environment, society, and politics. **Extractive Industries and Society**, v. 19, art. 101498, set. 2024. DOI: 10.1016/j.exis.2024.101498.

ZHOU, R.; BROWN, D. Epistemic justice and critical minerals: towards a planetary just transition. **Extractive Industries and Society**, v. 18, art. 101463, jun. 2024. DOI: 10.1016/j.exis.2024.101463.