



Minerais Críticos e Transição Energética: O Papel Estratégico do Brasil nas Cadeias Globais de Suprimento

Critical Minerals and Energy Transition: Brazil's Strategic Role in Global Supply Chains

Maria Eduarda Sousa Karas²⁵

Resumo: A transição energética global, impulsionada pela urgência climática e compromissos multilaterais, intensificou a demanda por minerais críticos como lítio, cobalto e terras raras – essenciais para tecnologias de baixo carbono. O Brasil, com ampla disponibilidade geológica desses recursos, desponta como ator estratégico nas cadeias globais de suprimentos. Contudo, sua participação ainda é limitada à exportação de matérias-primas, sem domínio das etapas industriais de maior valor agregado. Este artigo analisa o desempenho da cadeia mineral brasileira, o papel das empresas nacionais, as cooperações internacionais e os obstáculos estruturais e institucionais. Os resultados apontam que o Brasil, embora seja um grande player no cenário de minerais estratégicos, precisa investir na integração de suas políticas mineral, ambiental, industrial e de pesquisa e desenvolvimento, consolidando assim uma cadeia de valor robusta e competitiva. Tal alinhamento é decisivo para transformar seu potencial geológico em vantagem econômica sustentável e protagonismo na transição energética global. O artigo foi elaborado com base na análise documental e bibliográfica de caráter qualitativo e exploratório. Foram utilizadas fontes institucionais, artigos acadêmicos, relatórios internacionais e econômicos do setor. A estrutura analítica se apoia na triangulação entre os eixos: produção mineral, inserção internacional e política pública.

Palavras-chave: Minerais críticos; Transição Energética; Política Mineral; Cadeia de valor.

²⁵ Assessora Econômica; Graduanda em Relações Internacionais (UnB); E-mail: dudakaras@gmail.com.



Abstract: The global energy transition, driven by climate urgency and multilateral commitments, has intensified the demand for critical minerals such as lithium, cobalt and rare earths – essential for low-carbon technologies. Brazil, with ample geological availability of these resources, is emerging as a strategic player in global supply chains. However, its participation is still limited to the export of raw materials, without dominance in the industrial stages of higher added value. This article analyzes the performance of the Brazilian mineral chain, the role of national companies, international cooperation and structural and institutional obstacles. The results indicate that Brazil, although a major player in the strategic minerals scenario, needs to invest in the integration of its mineral, environmental, industrial and research and development policies, thus consolidating a robust and competitive value chain. Such alignment is crucial to transform its geological potential into a sustainable economic advantage and a leading role in the global energy transition. The article was prepared based on documentary and bibliographic analysis of a qualitative and exploratory nature. Institutional sources, academic articles, international and economic reports from the sector were used. The analytical structure is based on the triangulation between the axes: mineral production, international insertion and public policy.

Keywords: Critical minerals; Energy Transition; Mineral Policy; Value chain.



1. Introdução

A discussão acerca das mudanças climáticas tomou grandes proporções nos últimos anos e os compromissos assumidos por diversos países no âmbito do Acordo de Paris e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), têm impulsionado uma transformação nos sistemas energéticos globais. A transição energética – caracterizada pela substituição progressiva de fontes fósseis por fontes renováveis e de baixo de carbono dos combustíveis – depende, essencialmente, do fornecimento estável e seguro de minerais críticos, como lítio, cobre, cobalto, níquel, grafita e terras raras. Esses elementos são fundamentais para a fabricação de painéis solares, turbinas eólicas e veículos elétricos.

Nesse cenário, o Brasil apresenta-se como um ator estratégico. Detentor de vastas reservas de minerais críticos e com tradição na mineração de commodities como ferro, bauxita e nióbio, o país possui potencial tecnológico e industrial para desempenhar um papel central nas cadeias globais de suprimento voltadas à transição energética. Contudo, sua inserção atual ainda é predominantemente extrativista, limitada por gargalos tecnológicos - como a falta de maquinário para refinar minerais como terras raras - institucionais, como questões regulatórias e ambientais – que dificultam a obtenção de licenças para exploração e processamento mineral – e industriais - como a falta de interlocução com outros setores produtivos.

Esta pesquisa analisa o papel do Brasil na cadeia de minerais críticos sob perspectiva da transição energética, avaliando o desempenho produtivo, os principais atores empresariais, as oportunidades de cooperação internacional e os desafios que se impõem à consolidação de uma política mineral alinhada às exigências globais por segurança, sustentabilidade e inovação tecnológica.

Desse modo, o objetivo principal é avaliar a capacidade brasileira em investir para tornar o país um agente e industrial ativo no novo paradigma energético, destacando a performance atual da cadeia de minerais críticos do Brasil, suas políticas públicas e cooperações internacionais existentes, o papel das empresas brasileiras na cadeia global de valor e os principais obstáculos e oportunidades futuras.

O artigo utiliza o método de análise bibliográfica e documental, apresentando um caráter qualitativo exploratório. A coleta de informações se deu pela investigação de relatórios nacionais (Agência Nacional de Mineração) e internacionais (Banco Mundial) para obter dados sobre a cadeia mineral doméstica e a dinâmica da cadeia global de suprimentos voltada para a transição energética. Ademais, foram visitados repositórios das principais instituições de mineração, como a Agência Internacional de Energia, para verificar a correlação entre transição



energética e minerais críticos. Por fim, foram utilizados artigos acadêmicos para fortalecer a base teórica com relação ao setor de minerais estratégicos e a dependências destes para realizar a transição à energia de baixo carbono.

O artigo está dividido em outras quatro partes. A primeira sessão acerca do Brasil e sua inserção na cadeia de minerais críticos – discutindo a importância do país na cadeia, relatórios de desempenho do setor mineral e o posicionamento brasileiro no comércio internacional. A seguinte foca na transição energética, em suas demandas e a relação do Brasil com essa tendência – abordando a conexão com os minerais críticos, as principais cooperações internacionais, as iniciativas dos atores corporativos e o alinhamento das políticas públicas. A terceira sessão abordará as barreiras e as oportunidades futuras na cadeia de valor – evidenciando novas tendências que estão surgindo no mercado, os gargalos da competitividade e propostas de alinhamento entre políticas nacionais para maximizar a cadeia de minerais críticos brasileira. Por fim, a conclusão apresentará os resultados da pesquisa e recomendações práticas.

2. Demandas tecnológicas da transição energética e o posicionamento do Brasil na geopolítica dos minerais críticos

A transição energética, entendida como a substituição progressiva de combustíveis fósseis por renováveis e de baixa emissão de carbono, depende diretamente do fornecimento de minerais críticos. Tecnologias essenciais para a descarbonização – como baterias de íon-lítio, turbinas eólicas, painéis fotovoltaicos, motores elétricos e sistemas de transmissão de energia – exigem insumos minerais intensivos, como lítio, cobalto, níquel, cobre, grafita e terras raras. Estima-se que a demanda por esses minerais possa crescer de 4 a 6 vezes até 2040, conforme projeções da Agência Internacional de Energia (IEA, 2022).

O uso desses materiais não é apenas quantitativo, mas também qualitativo: suas propriedades físico-químicas são insubstituíveis para garantir o desempenho, durabilidade e eficiência dos equipamentos relacionados à energia limpa. Nesse cenário, os minerais críticos tornam-se peças-chave para a segurança energética, a competitividade industrial e a soberania tecnológica dos países. Com isso, observa-se o surgimento de uma nova geopolítica baseada não apenas em hidrocarbonetos, mas na segurança do fornecimento mineral.

O Brasil, com sua diversidade geológica e reservas de minerais estratégicos, possui posição favorável para se tornar um ator central nesta reconfiguração global. O país abriga depósitos significativos de lítio (Minas Gerais, Ceará), níquel (Bahia, Goiás), nióbio (Minas Gerais, Amazonas), core (Pará), grafita (Minas Gerais, Bahia) e elementos de terras raras



(Minas Gerais, Goiás e Norte do país). Essa riqueza, aliada à sua estabilidade geopolítica e vocação exportadora, torna o Brasil um parceiro desejado por grandes potências que buscam diversificar suas cadeias de suprimento mineral.

Contudo, essa potencialidade ainda não se traduz em protagonismo internacional efetivo. O Brasil participa da cadeia de fornecimento global como exportador primário, frequentemente enviando concentrados ou minérios brutos para países industrializados, que detêm o domínio do refino químico, da tecnologia e da manufatura final. Tal situação limita o ganho econômico, tecnológico e estratégico, e reforça a urgência de políticas que promovam a verticalização da produção mineral, com valorização e desenvolvimento da indústria nacional. A geopolítica dos minerais críticos tem se intensificado com a guerra comercial entre Estados Unidos e China, o avanço das políticas industriais verdes na União Europeia e a pressão dos mercados consumidores por rastreabilidade e a conformidade ambiental (ESG). Nesse ambiente competitivo, o Brasil precisa se posicionar de maneira soberana e estratégica, participando de fóruns multilaterais, negociando acordos técnicos e atraindo investimentos com contrapartidas tecnológicas.

Exemplo relevante dessa nova governança é a Minerals Security Partnership (MSP), lançada em 2022 e integrada por países como Estados Unidos, Canadá, Austrália, Japão, Coreia do Sul, União Europeia e Reino Unido. A MSP busca garantir cadeias de suprimento resilientes e sustentáveis para os minerais críticos necessários à transição energética, por meio do apoio a projetos de mineração, processamento e reciclagem com alto padrão ambiental e social. Embora o Brasil ainda não seja membro pleno da iniciativa, há diálogos em curso e oportunidades para se inserir como fornecedor confiável, desde que promova adequações institucionais, invista em rastreabilidade e adote padrões internacionais de governança mineral (WORLD ECONOMIC FORUM, 2023).

Outro exemplo significativo é o avanço da estratégia europeia para matérias-primas críticas, consubstanciada no Critical Raw Materials Act (2023). A União Europeia estabeleceu metas ambiciosas para garantir o suprimento autônomo de minerais essenciais, incluindo a exigência de que ao menos 40% do refino e 15% da extração desses minerais ocorram dentro do bloco até 2030. Para isso, a UE vem firmando parcerias com países da América Latina, África e Ásia, com destaque para o Brasil. A proposta prevê não apenas importação de minerais, mas também cooperação em pesquisa, desenvolvimento tecnológico, boas práticas ambientais e capacitação técnica, criando janelas de oportunidade para países que conseguirem alinhar suas políticas minerais aos princípios da economia verde europeia.



Essas iniciativas indicam que os minerais críticos não são apenas insumos econômicos, mas ativos estratégicos, cuja governança envolverá disputas, alianças e transformações profundas na política externa dos países produtores. O Brasil, se bem-posicionado, pode deixar de ser apenas um fornecedor periférico de matéria-prima e se consolidar como protagonista industrial e ambiental da nova ordem energética global.

3. O Brasil e sua inserção na cadeia de minerais críticos

3.1. Importância do Brasil na cadeia de fornecimento de minerais críticos

A consolidação da transição energética como um dos vetores centrais das agendas climática e industrial de países desenvolvidos e emergentes vem alterando profundamente o cenário geopolítico e comercial dos minerais críticos. Elementos como lítio, cobalto, níquel, cobre, grafite e terras raras são essenciais à fabricação de tecnologias de baixo carbono, por exemplo baterias, turbinas eólicas, painéis solares, motores elétricos e sistemas de armazenamento de energia, sendo considerados insumos estratégicos para o século XXI (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2022).

Nesse contexto, o Brasil surge como um dos países com maior potencial de contribuição à segurança global de fornecimento desses minerais. Seu território abriga vastas reservas geológicas ainda sub exploradas, com destaque para o lítio nos estados de Minas Gerais e Ceará, o níquel em Goiás e Bahia, o cobre na região de Carajás, no Pará, e uma promissora presença de terras raras em Minas Gerais e no Amazonas (AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO, 2024). De acordo com dados da ANM, o país produziu em 2021 mais de 5.000 toneladas de lítio contido, e registrou investimentos superiores a R\$340 milhões nesse segmento, refletindo um aumento de 64 vezes em relação à década anterior (ANM, 2023a).

A importância estratégica do Brasil reside não apenas em seu potencial mineral, mas também na sua relevância histórica como exportador de minérios. Atualmente, o Brasil figura entre os maiores produtores mundiais de nióbio (95% da produção global), ferro (2º maior exportador) e bauxita, além de ser um fornecedor emergente de minerais críticos voltados à transição energética (CASTRO et al., 2022). Sua infraestrutura mineral é consolidada em termos logísticos e operacionais, com polos de mineração organizados em Minas Gerais, Pará, Bahia e Goiás, e conectados a corredores logísticos eficientes, como a Estrada de Ferro Carajás e os portos de Itaqui (MA) e Tubarão (ES).

A dinâmica comercial brasileira, no entanto, permanece fortemente baseada na exportação de commodities primárias. Mais de 85% dos minerais críticos produzidos no país são exportados em sua forma bruta ou com baixo grau de beneficiamento. Essa orientação



extrativista reflete a ausência de uma política industrial articulada com a política mineral, resultando em inserção periférica do país nas cadeias globais de valor (SANTOS, 2023). Os principais destinos das exportações brasileiras de minerais críticos incluem a China, Alemanha, Coreia do Sul, Canadá e Estados Unidos — países que concentram a manufatura de alto valor agregado das tecnologias associadas à descarbonização energética (HUND et al., 2020).

Ademais, com relação à estrutura produtiva, destacam-se empresas como a Sigma Lithium, que opera no Vale do Jequitinhonha (MG) e projeta exportar hidróxido de lítio de alta pureza para uso em baterias de veículos elétricos. Também merecem destaque a AMG Brasil, voltada à produção de concentrado de lítio; a Atlantic Nickel, responsável por um dos maiores projetos de níquel sulfetado da América Latina; e a Vale S.A., que embora concentre sua atuação no minério de ferro, tem expandido seu interesse sobre cobre e níquel, reconhecendo o papel estratégico desses insumos no novo ciclo energético (ANM, 2023c; HEIDER, 2022).

A despeito desse potencial, a posição do Brasil na cadeia de minerais críticos ainda é limitada. A ausência de refinarias para terras raras, a escassa produção interna de cobalto (inexistente desde 2017) e a dependência tecnológica em etapas como a purificação eletroquímica de lítio ilustram as limitações estruturais do país. Segundo a IEA (2022), as tecnologias de baixo carbono são até seis vezes mais intensivas em minerais do que as tecnologias convencionais, o que torna imperativa a expansão não apenas da mineração, mas também do processamento e da industrialização desses recursos.

Em termos de governança institucional, o Brasil já reconheceu oficialmente a importância dos minerais críticos. A Resolução nº 2/2021 do Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos (CTAPME) listou substâncias prioritárias para o desenvolvimento industrial e energético nacional, incluindo lítio, níquel, cobalto, nióbio, grafita e terras raras (BRASIL, 2021). Além disso, o Plano Nacional de Mineração 2050 (PNM 2050) insere os minerais críticos no centro da estratégia de sustentabilidade e competitividade do setor mineral, ainda que sua implementação dependa de avanços legislativos e financeiros.

Apesar da ausência de um tratado internacional vinculante sobre minerais críticos, o Brasil tem sido considerado em iniciativas multilaterais como a Minerals Security Partnership (MSP), que busca diversificar e tornar mais transparentes as cadeias de suprimento globais (WORLD ECONOMIC FORUM, 2023). Participações formais ainda são incipientes, mas memorandos de entendimento foram firmados com países como Canadá, Alemanha e Austrália, evidenciando interesse externo no potencial mineral brasileiro, sobretudo nas reservas de lítio e terras raras.



Dessa forma, observa-se que o Brasil possui uma base geológica robusta e uma cadeia extrativa consolidada, mas enfrenta desafios substanciais para capturar os maiores ganhos econômicos e estratégicos da nova economia mineral. A ampliação de sua importância na cadeia de minerais críticos dependerá da capacidade de implementar políticas integradas que promovam a verticalização da produção mineral com foco em inovação e industrialização, o fortalecimento das capacidades institucionais e de financiamento e o alinhamento entre os setores mineral, industrial, ambiental e científico-tecnológico.

Como ressalta Castro et al. (2022), a transformação do potencial geológico em vantagem competitiva exige uma ruptura com o padrão histórico de reprimarização da economia mineral brasileira. O futuro da mineração no Brasil — e sua posição na transição energética global — dependerá do quanto o país será capaz de agregar valor à sua produção e se inserir de maneira soberana nas cadeias de inovação tecnológica associadas à energia limpa.

3.2. Relatórios de desempenho do setor mineral brasileiro

O desempenho do setor mineral brasileiro é historicamente monitorado por meio de instrumentos regulares de análise técnica e econômica, destacando-se o Anuário Mineral Brasileiro, publicado pela Agência Nacional de Mineração (ANM), e os relatórios de conjuntura do Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM). Esses documentos constituem a base empírica para a formulação de políticas públicas, definição de investimentos privados e avaliação da participação da mineração na economia nacional, especialmente no contexto da transição energética e da cadeia de minerais críticos.

O Anuário Mineral Brasileiro reúne dados sobre produção, reservas, investimentos, arrecadação e emprego, com base em informações declaradas pelas empresas e órgãos públicos. Desde a adoção das diretrizes internacionais de classificação de reservas (CRIRSCO), os relatórios passaram a incluir também estimativas qualificadas de reservas provadas e prováveis, aprimorando a comparabilidade internacional dos dados. Já os relatórios do IBRAM, atualizados trimestralmente, oferecem recortes específicos sobre o desempenho financeiro, exportações e investimentos planejados.

Analisando a série histórica recente, observa-se que os anos de 2021 e 2022 configuraram o auge do desempenho mineral brasileiro, impulsionados pelo aumento da demanda global por commodities e pela valorização do minério de ferro no mercado internacional. Em 2021, o setor alcançou um faturamento recorde de R\$339 bilhões, com destaque para a contribuição de estados como Pará, Minas Gerais e Bahia (IBRAM, 2022). As



exportações minerais somaram US\$45,1 bilhões naquele ano, representando aproximadamente 21% de toda a pauta exportadora do país.

Entretanto, esse desempenho começou a desacelerar em 2023, em função de uma combinação de fatores, como a redução da demanda chinesa — causada principalmente pela desaceleração do setor imobiliário e pela maior utilização de sucata metálica no país asiático —, a instabilidade nos preços internacionais, influenciada por tensões geopolíticas, oscilações cambiais e reconfigurações das cadeias globais de suprimento, e o aumento dos custos operacionais, resultante da elevação dos preços de energia, insumos industriais e da pressão inflacionária global. O ano de 2024, por sua vez, apresentou sinais de recuperação, embora ainda abaixo dos patamares observados no pico pós-pandemia.

Segundo o IBRAM (2024), o faturamento do setor mineral brasileiro totalizou R\$270,8 bilhões, o que representa um aumento de 9,1% em relação a 2023, mas ainda aquém do recorde de 2021. Em termos de produção física, o minério de ferro continua sendo o principal produto da pauta mineral brasileira, respondendo por 59,4% do faturamento total em 2024 (IBRAM, 2024). Em contrapartida, minerais críticos como o cobre (R\$20,28 bilhões), o lítio (R\$344 milhões) e o níquel (R\$1,8 bilhão) vêm apresentando crescimento relevante, ainda que com volumes menores em comparação aos minerais tradicionais. A produção de lítio, por exemplo, multiplicou-se por 64 entre 2010 e 2021 e manteve curva ascendente até 2024, ancorada principalmente na atuação das empresas Sigma Lithium e AMG Brasil em Minas Gerais.

A análise da arrecadação da CFEM (Compensação Financeira pela Exploração Mineral) também revela tendências importantes. Em 2024, a arrecadação totalizou R\$7,5 bilhões, superando em 8,6% o montante de 2023 (ANM, 2024), indicando uma alta dinâmica na atividade econômica. Estados como Pará, Minas Gerais e Goiás lideram os repasses, refletindo a concentração regional da atividade mineral. Essa arrecadação representa fonte vital para municípios mineradores, que muitas vezes têm na CFEM sua principal receita orçamentária, destacando o papel redistributivo da mineração.

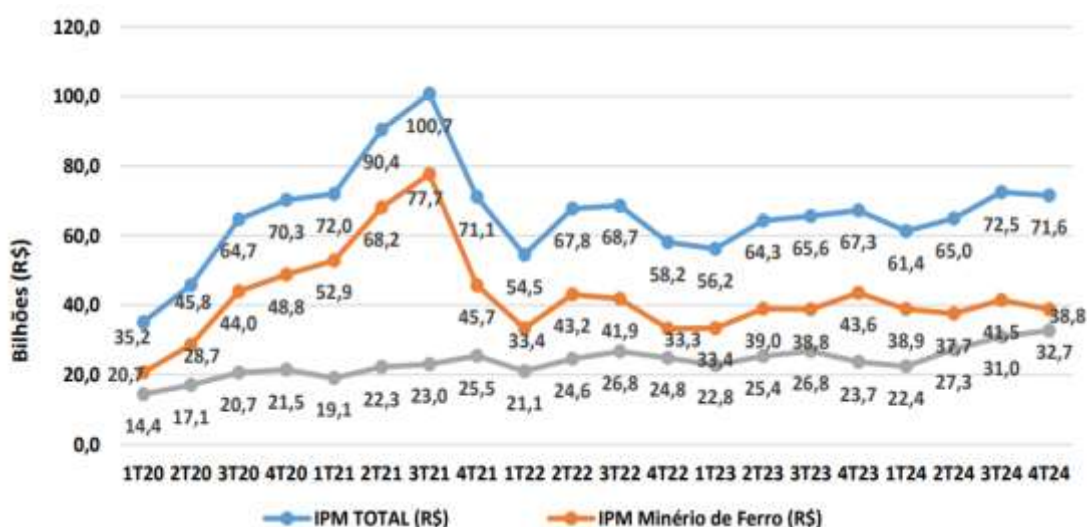
Outro ponto relevante nos relatórios de desempenho recentes é a análise dos investimentos previstos para o setor. No ciclo 2025–2029, projeta-se um volume de US\$68,4 bilhões em investimentos no setor mineral brasileiro, segundo o IBRAM (2024). Desse total, 28,7% são direcionados ao minério de ferro; 16,6% a projetos socioambientais; 10,5% ao cobre; e 8,7% a fertilizantes. Embora os investimentos em lítio (US\$1,19 bilhão) e terras raras (US\$1,45 bilhão) ainda sejam modestos em valores absolutos, sua participação vem crescendo



de forma acelerada, indicando maior atenção do capital internacional aos minerais voltados à transição energética.

Comparativamente, como demonstrado na Figura 1, os anos de 2021–2022 foram marcados por altos preços e margens, enquanto 2023–2024 mostraram ajustes estruturais e reposicionamento estratégico do setor diante de novas demandas globais, especialmente por rastreabilidade, ESG e redução da pegada de carbono (IBRAM, 2023). Em 2024, aumentou significativamente o número de projetos classificados como “minerais verdes” (CETEM, 2021), conforme diretrizes internacionais, o que pode gerar efeitos reputacionais e comerciais positivos para as empresas brasileiras que atuarem com responsabilidade ambiental e social. (IBRAM, 2024)

Figura 1 – Desempenho Trimestral dos Valores de Operação (em R\$) - 2020 a 2024



Fonte: ANM – Relatório do 4º trimestre de 2024.

Legenda: IPM – Índice de Produção Mineral

Por fim, os relatórios destacam que, apesar da recuperação parcial em 2024, o setor mineral brasileiro ainda carece de maior coordenação institucional, investimentos em inovação tecnológica e políticas de incentivo à industrialização dos recursos minerais. A estrutura produtiva continua excessivamente concentrada na extração primária, com baixa agregação de valor. Essa limitação compromete a competitividade do país frente a economias que, além de extrair, dominam etapas industriais e tecnológicas da cadeia de valor dos minerais críticos (CASTRO et al., 2022; IEA, 2022).

Em suma, os relatórios anuais de desempenho do setor mineral revelam um país com forte base extrativa e relevância internacional consolidada, mas que precisa avançar em



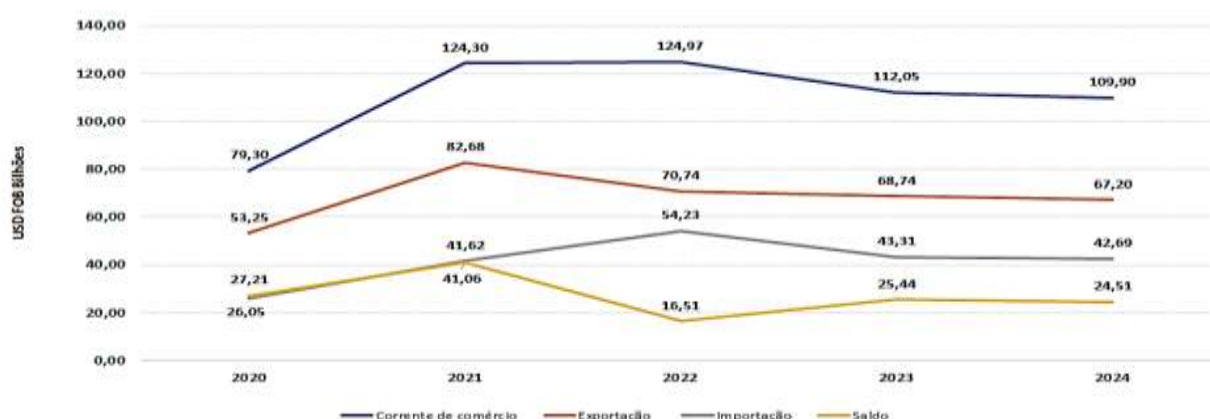
inovação, industrialização e governança para alcançar posição estratégica na nova economia de baixo carbono. A análise dos dados recentes mostra que, apesar da resiliência do setor em 2024, a consolidação do Brasil como potência em minerais críticos dependerá da superação de desafios históricos relacionados à dependência primária e à fragmentação institucional.

3.3 Posicionamento do Brasil no comércio internacional de minerais críticos

O comércio internacional de minerais críticos tem adquirido crescente centralidade nos debates sobre segurança energética, industrialização verde e resiliência das cadeias globais de suprimento. A intensificação da transição energética, associada ao avanço das tecnologias de baixo carbono, tem ampliado a demanda por minerais estratégicos como lítio, níquel, cobalto, cobre e terras raras, inserindo tais elementos no núcleo das estratégias geoconômicas das principais potências industriais (IEA, 2022; HUND et al., 2020).

O Brasil, embora historicamente posicionado como exportador de commodities minerais tradicionais — notadamente minério de ferro, bauxita, manganês e ouro —, passou a ocupar espaço relevante nos fluxos comerciais de alguns minerais críticos. Segundo dados da ANM (2024) – Figura 1 - o país exportou, em 2023, aproximadamente 400 milhões de toneladas de substâncias minerais, totalizando US\$68,74 bilhões em receita cambial, sendo parte significativa associada a produtos com potencial uso na transição energética.

Figura 1 - Desempenho da Balança Comercial do Setor Mineral – 2020 A 2024



Fonte: ANM – Relatório do 4º trimestre de 2024

Ademais, como demonstra a tabela 1, os principais destinos das exportações brasileiras de minerais críticos são China, Estados Unidos, Alemanha, Japão e Índia, países que



concentram centros industriais de transformação tecnológica e produção de sistemas energéticos avançados.

Tabela 1 - Principais Substâncias Minerais Exportadas pela Índice de Exportação Mineral, por classe – 04TRI2024

METÁLICOS			NÃO METÁLICOS			ENERGÉTICOS		
País	Exportação (USD FOB)	Part.	País	Exportação (USD FOB)	Part.	País	Exportação (USD FOB)	Part.
China	5.031.108.480	60,1%	China	69.307.093	33,9%	Colômbia	200.171	82,8%
Malásia	404.593.222	4,8%	Itália	25.209.407	12,3%	Argentina	20.746	8,6%
Alemanha	275.540.904	3,3%	Estados Unidos	19.816.389	9,7%	Bolívia	14.273	5,9%
Japão	272.419.759	3,3%	Índia	19.564.024	9,6%	Emirados Árabes Unidos	3.819	1,6%
Omã	219.003.905	2,6%	Bélgica	9.987.387	4,9%	Paraguai	937	0,4%
Outras	2.170.297.712	25,9%	Outras	60.331.757	29,5%	Outras	20.857	8,6%
Total	8.372.963.982	100,0%	Total	204.216.057	100,0%	Total	241.774	100,0%

Fonte: ANM – Relatório do 4º trimestre de 2024

O destaque no comércio internacional recai, sobretudo, sobre o lítio brasileiro, cuja produção tem sido progressivamente direcionada para mercados ligados à fabricação de baterias para veículos elétricos (VE), sistemas de armazenamento de energia e dispositivos eletrônicos. A Sigma Lithium, operando no Vale do Jequitinhonha (MG), tem firmado contratos com empresas internacionais do setor automotivo e tecnológico, exportando concentrado de espodumênio com alto grau de pureza para a China e os Estados Unidos. A AMG Brasil também atua nesse segmento, ampliando a oferta de lítio técnico para indústrias de cerâmica e baterias, com foco crescente em contratos de fornecimento estratégico (ANM, 2024).

Além do lítio, o Brasil tem aumentado sua presença nas exportações de níquel, cobre e nióbio, este último responsável por cerca de 95% da oferta global, utilizado na fabricação de superligas para turbinas eólicas, baterias de nova geração e sistemas de transmissão de energia. O cobre brasileiro, com destaque para a produção em Carajás (PA), é exportado para refinarias e indústrias eletrônicas na Ásia e na Europa, contribuindo para a fabricação de motores elétricos, painéis solares e cabos de transmissão.

Contudo, apesar do crescimento quantitativo nas exportações, o posicionamento do Brasil nas etapas de maior valor agregado das cadeias internacionais ainda é limitado. O país majoritariamente exporta concentrados ou minérios brutos, sem avançar significativamente na cadeia industrial de refino, processamento químico e manufatura de componentes energéticos.



Essa limitação evidencia a dependência de tecnologias externas e reforça a condição brasileira como fornecedor de insumos primários para potências industriais, reiterando a divisão internacional do trabalho que atribui a países do Sul Global funções extrativas (CASTRO et al., 2022).

Tal cenário contrasta com o avanço de estratégias nacionais em países como Austrália, Chile e Indonésia, que têm adotado políticas agressivas de *local content*, estímulo ao refino doméstico e parcerias estratégicas para absorção tecnológica. A Indonésia, por exemplo, estabeleceu exigências de refino local para o níquel, atraindo investimentos industriais de grandes fabricantes globais. O Brasil, embora disponha de capital mineral expressivo, ainda carece de diretrizes que condicionem o comércio externo à agregação de valor e ao desenvolvimento industrial interno.

A crescente centralidade dos minerais críticos na transição energética demanda, portanto, que o comércio internacional brasileiro avance da lógica quantitativa para uma estratégia qualitativa, orientada pela agregação de valor, diversificação de mercados e participação ativa em acordos internacionais que envolvam governança da cadeia de suprimento. O país já é citado em fóruns estratégicos como a *Minerals Security Partnership* (MSP), embora sua inserção formal ainda dependa da consolidação de marcos regulatórios que atendam aos padrões de sustentabilidade, rastreabilidade e transparência exigidos internacionalmente (WORLD ECONOMIC FORUM, 2023).

A integração do comércio mineral brasileiro com a transição energética mundial exige, portanto, políticas públicas articuladas com o setor privado, capazes de fomentar a indústria nacional e ampliar a inserção em cadeias de valor críticas. O fortalecimento da diplomacia mineral, o alinhamento com critérios ESG e o estímulo à pesquisa e inovação são elementos essenciais para que o Brasil transite de um exportador de commodities para um fornecedor estratégico de soluções energéticas.

Dessa forma, o posicionamento do Brasil no comércio internacional de minerais críticos deve ser compreendido não apenas em função do volume exportado, mas principalmente pelo papel que esses minerais exercem nas novas configurações produtivas e ambientais globais. A próxima seção aprofunda essa conexão, discutindo as demandas e contribuições dos minerais críticos para a transição energética e as possibilidades de o Brasil se consolidar como agente-chave nesse processo transformador.



3.4 Atores empresariais e políticas públicas: inserção e contribuição das empresas brasileiras na cadeia de minerais críticos

A atuação das empresas brasileiras no setor de minerais críticos tem adquirido crescente importância frente à demanda internacional impulsionada pela transição energética. Conforme discutido anteriormente, o Brasil detém uma base geológica relevante e já figura como fornecedor expressivo de minerais como lítio, níquel, cobre e nióbio. No entanto, sua participação nas etapas de maior valor agregado ainda é restrita, revelando um desafio estratégico que transcende a mera capacidade extrativa: trata-se da necessidade de desenvolver uma indústria mineral moderna, integrada e alinhada às exigências ambientais, tecnológicas e comerciais do século XXI.

Algumas empresas têm se destacado ao buscar uma inserção mais qualificada nas cadeias globais. A Sigma Lithium, por exemplo, além de operar em uma das maiores reservas de lítio da América do Sul, adota critérios rigorosos de sustentabilidade e rastreabilidade, exportando seu produto diretamente para montadoras e fabricantes de baterias comprometidas com padrões ESG. Essa estratégia não apenas responde à demanda internacional por minerais verdes, como também reposiciona a empresa em patamares mais sofisticados da cadeia de valor. De forma semelhante, a AMG Brasil e a Atlantic Nickel vêm consolidando sua presença nos mercados de lítio, grafita e níquel, com operações voltadas ao fornecimento direto para a indústria global de energia e mobilidade.

Apesar desses avanços pontuais, o setor ainda carece de um ambiente mais favorável à expansão de projetos integrados. A capacidade das empresas de aproveitar políticas públicas voltadas à mineração tem sido limitada, seja pela fragmentação das iniciativas governamentais, seja pela ausência de instrumentos robustos de fomento à inovação e à agregação de valor. Programas como o Plano Nacional de Mineração 2050 (PNM 2050) e a criação do Comitê de Minerais Estratégicos (CTAPME) representam tentativas de orientar o desenvolvimento mineral para além da lógica extrativista, mas sua efetividade depende da articulação com políticas industriais, ambientais e de ciência e tecnologia — um alinhamento que ainda se mostra incipiente.

Nos últimos anos, observa-se um esforço institucional para identificar os chamados “minerais estratégicos” e apoiar projetos prioritários. A Resolução nº 2/2021, por exemplo, definiu uma lista de substâncias críticas para o Brasil, incluindo lítio, nióbio, grafita, níquel, cobalto e terras raras. No entanto, a maioria das empresas que atuam com esses minerais enfrenta dificuldades para acessar crédito de longo prazo, realizar parcerias em P&D e superar entraves logísticos e regulatórios. A criação do “Lithium Valley”, no Vale do Jequitinhonha



(Minas Gerais), mostra-se como uma experiência promissora de coordenação público-privada, mas ainda é um caso isolado diante da necessidade de ações estruturantes em escala nacional.

Além disso, os dados de investimentos para o período 2025–2029 indicam que apenas uma fração (cerca de 4,7%) dos US\$ 68,4 bilhões previstos para o setor mineral está diretamente associada a minerais críticos voltados à transição energética, como lítio, terras raras e grafita (IBRAM, 2024). O maior volume permanece concentrado no minério de ferro, logística e projetos socioambientais. Isso reforça o diagnóstico de que, embora as empresas estejam atentas às mudanças do cenário internacional, elas ainda operam sob um ambiente institucional que prioriza o modelo de mineração voltado à exportação de commodities primárias.

A contribuição real das empresas brasileiras para a transição energética global, portanto, ainda é limitada em termos industriais. Embora desempenhem um papel fundamental como fornecedoras de matérias-primas estratégicas, sua inserção nos circuitos tecnológicos e produtivos que compõem as cadeias verdes de valor permanece marginal. A produção local de componentes de baterias, insumos para painéis solares ou sistemas de armazenamento ainda é incipiente, e a dependência do refino e da tecnologia estrangeira continua como um obstáculo à consolidação de uma indústria nacional verde.

Nesse sentido, é necessário não apenas reconhecer o protagonismo potencial do setor mineral brasileiro, mas, sobretudo, induzir políticas industriais e de inovação capazes de reposicionar as empresas no centro da nova economia energética. Tal estratégia inclui a promoção de instrumentos de fomento à pesquisa aplicada, mecanismos de financiamento climático, parcerias tecnológicas internacionais com transferência de conhecimento e incentivos à formação de polos industriais voltados à manufatura de alto valor agregado. As empresas, por sua vez, devem incorporar uma visão de longo prazo que considere critérios ambientais e tecnológicos como fatores centrais de competitividade, e não apenas exigências regulatórias.

Consolidar a contribuição brasileira para a transição energética não será possível sem uma ação coordenada entre os entes públicos, setor produtivo e comunidade científica. A superação da lógica extrativista demanda um novo pacto institucional, onde as empresas de mineração sejam não apenas exploradoras de recursos, mas também agentes de inovação, sustentabilidade e transformação industrial. Assim, o setor poderá deixar de ser visto como uma atividade meramente exportadora para se afirmar como um dos pilares do desenvolvimento verde e soberano do país.



4. Barreiras e oportunidades futuras na cadeia de suprimento

4.1 Minerais críticos e a emergência dos “minerais verdes”

A emergência dos chamados “minerais verdes” representa uma inflexão conceitual e prática nas cadeias globais de fornecimento de recursos naturais. O termo designa não apenas minerais críticos voltados à transição, mas também aqueles cuja extração, beneficiamento e uso estão inseridos em cadeias produtivas com alto padrão de sustentabilidade ambiental, rastreabilidade e responsabilidade social (CETEM, 2021). A expressão vem sendo utilizada para marcar uma nova geração de insumos estratégicos compatíveis com os princípios da economia verde, em que não basta fornecer o recurso: é preciso garantir que ele tenha sido produzido com baixa pegada de carbono, respeito aos direitos humanos e mínimo impacto ecossistêmico.

Para o Brasil, país dotado de ampla diversidade geológica e reconhecido internacionalmente por sua matriz energética limpa e mega biodiversidade, os minerais verdes configuram uma oportunidade singular de posicionamento estratégico e atração de investimentos sustentáveis. A partir de uma cadeia mineral mais eficiente, tecnológica e integrada a padrões ESG, o país pode consolidar sua imagem como fornecedor global de soluções sustentáveis para a transição energética — o que reforça sua vocação como uma das maiores economias verdes do mundo (IEA, 2022; WORLD ECONOMIC FORUM, 2023).

O aumento da pressão internacional por cadeias limpas e os compromissos globais de descarbonização estão gerando novas demandas por minerais produzidos com energia renovável, tecnologias limpas de extração, uso racional da água e controle de resíduos, abrindo espaço para a reconfiguração dessa estrutura. Como citado anteriormente, projetos como os da Sigma Lithium, que opera com energia hidrelétrica e neutralidade de carbono no Vale do Jequitinhonha, já estão inseridos nessa lógica e vêm sendo apontados como casos exemplares de mineração verde no cenário internacional (SIGMA LITHIUM, 2024).

Além disso, a valorização dos ativos ambientais brasileiros, como florestas nativas, bacias hidrográficas e serviços ecossistêmicos, pode ser integrada à cadeia mineral como diferencial competitivo e critério de mercado. Isso significa promover uma mineração que reconhece e valoriza o meio ambiente como patrimônio estratégico, ao mesmo tempo em que contribui para o desenvolvimento regional com inovação, emprego e responsabilidade social. Para isso, é fundamental que políticas públicas promovam a verticalização da produção, o fortalecimento de polos tecnológicos e a atração de capital internacional comprometido com sustentabilidade.



O Brasil já dispõe de reputação internacional como líder em energias renováveis e tem uma base institucional ambiental consolidada. Aproveitar esse reconhecimento para desenvolver um novo modelo de mineração verde significa alinhar sua economia mineral com as tendências globais de financiamento climático, exigências regulatórias da União Europeia (como o Carbon Border Adjustment Mechanism) e novas exigências de rastreabilidade da Minerals Security Partnership (MSP). A combinação entre potencial geológico, matriz energética limpa e capacidade de governança pode tornar o Brasil referência mundial em mineração de baixo impacto e alta eficiência tecnológica.

Dessa forma, os minerais verdes representam mais do que uma tendência: podem ser uma estratégia nacional de desenvolvimento sustentável, capaz de transformar a mineração brasileira em vetor de inovação, competitividade e diplomacia ambiental. Incorporar essa abordagem à política mineral e industrial do país será decisivo para consolidar o Brasil como fornecedor-chave na nova ordem energética e climática global.

4.2 Entre a riqueza geológica e o desafio industrial: gargalos da competitividade

Apesar de sua reconhecida riqueza geológica, o Brasil enfrenta uma série de gargalos que impedem a conversão desse potencial em vantagem competitiva industrial no contexto da transição energética. A abundância de minerais críticos por si só, não é suficiente para garantir um posicionamento estratégico global. O principal entrave reside no hiato entre a extração mineral e as etapas posteriores de transformação industrial e tecnológica — justamente onde se concentram o valor econômico, a inovação e a capacidade de influência geopolítica.

Um dos gargalos mais evidentes é o tecnológico. O Brasil ainda não domina, em escala significativa, as tecnologias de refino e purificação dos minerais críticos. Embora seja capaz de extrair concentrados de espodumênio (como ocorre com a Sigma Lithium e a AMG Brasil, no Vale do Jequitinhonha), o país não realiza o processamento químico necessário para transformar esse mineral em hidróxido de lítio grau-bateria, insumo essencial para a indústria automotiva e de armazenamento energético. Todo esse processamento é atualmente realizado no exterior, sobretudo na China, o que relega o Brasil a uma função secundária na cadeia global e o mantém vulnerável a flutuações de preço e barreiras técnicas impostas pelos países importadores (SIGMA LITHIUM, 2024).

Além disso, o país carece de uma base industrial articulada em torno da mineração tecnológica. Os poucos centros de pesquisa mineral, como o CETEM, operam com limitações orçamentárias e falta de conexão estruturada com as indústrias emergentes de minerais críticos.



A ausência de uma rede nacional de inovação aplicada ao setor — semelhante aos hubs existentes na Austrália, Japão ou Coreia do Sul — impede o desenvolvimento de novas rotas tecnológicas, métodos de recuperação avançada, reciclagem de metais raros e design de materiais de alto desempenho (CETEM, 2021; IEA, 2022).

No campo logístico, os gargalos também são significativos. A infraestrutura de transporte mineral do país é historicamente voltada para escoar minério de ferro das grandes jazidas do Norte e Sudeste para os portos exportadores, como é o caso da Estrada de Ferro Carajás e do Porto de Tubarão. No entanto, as novas fronteiras dos minerais críticos no território nacional não contam com infraestrutura integrada. A logística, nesses casos, é cara, fragmentada e ineficiente, desestimulando a instalação de plantas industriais de beneficiamento próximas aos sítios de extração. Um exemplo concreto é o da Sigma Lithium, que transporta sua produção por rodovia até o porto de Ilhéus, sem contar com corredores logísticos especializados ou apoio a uma cadeia de suprimento local mais ampla (IBRAM, 2024).

Outro obstáculo central diz respeito ao acesso a financiamento. Empresas brasileiras de médio porte que operam com minerais estratégicos têm dificuldade para acessar crédito público voltado à inovação, como os disponibilizados via BNDES ou Finep. As linhas existentes, quando acessíveis, são lentas, burocráticas e pouco adaptadas às necessidades de projetos de risco tecnológico elevado. Isso contrasta com os mecanismos de financiamento climático ou industrial disponíveis em países concorrentes, que frequentemente contam com fundos soberanos, parcerias público-privadas e incentivos fiscais atrelados a metas de descarbonização (WORLD ECONOMIC FORUM, 2023).

Por fim, há um gargalo institucional relevante: a fragmentação das políticas públicas. Embora existam iniciativas como o Plano Nacional de Mineração 2050, a Resolução nº 2/2021 do CTAPME e ações estaduais pontuais, não há uma coordenação eficaz entre a política mineral, a política industrial, a ambiental e a de ciência e tecnologia. A ausência dessa articulação gera duplicidade de esforços, insegurança jurídica e descontinuidade programática. Em consequência, mesmo os avanços recentes — como a atração de investimentos no “Lithium Valley” — ocorrem de forma isolada, sem efeito estruturante em escala nacional.

Esses gargalos demonstram que o Brasil não enfrenta uma escassez de recursos minerais, mas sim um déficit de estratégia industrial coerente com as exigências da transição energética global. Superá-los exige não apenas políticas públicas integradas, mas também o fortalecimento das capacidades institucionais, técnicas e financeiras do país para transformar sua riqueza geológica em soberania tecnológica, ambiental e econômica.



5.3 Propostas de alinhamento entre políticas mineral, industrial, ambiental e tecnológica

A consolidação do Brasil como um ator estratégico na cadeia global de minerais críticos depende de um alinhamento sistêmico entre quatro eixos de política pública: mineral, industrial, ambiental e de ciência e tecnologia. Até o momento, essas esferas têm operado de forma fragmentada e descoordenada, limitando a capacidade do país de transformar seu potencial geológico em liderança produtiva, tecnológica e ambiental no contexto da transição energética.

No campo mineral, o país carece de uma política pública mais assertiva e vinculante que vá além da regulação extrativa. A Resolução nº 2/2021, que define os minerais estratégicos para o Brasil, representa um avanço inicial, mas é insuficiente por não estar articulada a uma política industrial ativa que incentive a verticalização produtiva. O Plano Nacional de Mineração 2050 (PNM 2050), embora ambicioso, carece de metas intermediárias, mecanismos de monitoramento e orçamento efetivo (MME, 2022). É necessário criar instrumentos normativos e financeiros que incentivem o processamento e a agregação de valor local aos minerais críticos, estabelecendo diretrizes claras de conteúdo nacional, inovação e transição tecnológica.

No eixo industrial, o país precisa formular uma estratégia mineral-tecnológica que identifique setores prioritários para a aplicação dos minerais críticos. Essa estratégia deve combinar políticas de incentivo fiscal, financiamento direcionado (via BNDES e Finep), apoio à criação de clusters industriais e consórcios empresariais para inovação tecnológica. A criação de polos industriais regionais voltados à transformação mineral, como o “Lithium Valley” em Minas Gerais, pode servir de modelo para outras localidades, desde que haja suporte público à formação de cadeias de valor completas (IBRAM, 2024).

Do ponto de vista ambiental, é essencial integrar a política mineral a critérios de sustentabilidade, com destaque para rastreabilidade, uso racional da água, energia renovável, recuperação de áreas degradadas e redução da pegada de carbono. A certificação ambiental dos minerais (como o lítio verde da Sigma Lithium) pode se tornar um diferencial competitivo no mercado global, especialmente frente às exigências regulatórias da União Europeia e da MSP. Para isso, o Brasil precisa estabelecer normas claras de “mineração verde”, compatíveis com os critérios ESG exigidos pelas cadeias de fornecimento internacionais.

No campo da ciência, tecnologia e inovação (CT&I), o desafio é conectar os centros de pesquisa (como CETEM, universidades e institutos federais) às demandas reais da indústria mineral e aos desafios da transição energética. Isso exige ampliar o financiamento à pesquisa aplicada, incentivar a formação de capital humano especializado em áreas como geoquímica, materiais avançados e metalurgia verde, e criar mecanismos de transferência de tecnologia entre



setor público e privado. A experiência internacional mostra que os países que investem em parcerias estratégicas de inovação com base em minerais críticos conseguem capturar posições relevantes em setores de alta tecnologia (IEA, 2022; CETEM, 2021).

Assim, propõe-se que o Brasil adote uma política nacional integrada para minerais críticos, com governança interministerial, metas vinculantes e instrumentos de execução coordenados. Essa política deve articular os quatro eixos abordados, integrando as demandas da transição energética com a promoção da soberania industrial, da inovação nacional e da proteção ambiental. Somente com esse grau de coordenação o país poderá transformar sua condição de provedor de recursos em protagonismo na nova economia verde global.

5. Conclusão

A análise realizada demonstrou que o Brasil, embora possua uma posição privilegiada na geologia dos minerais críticos, ainda opera em um modelo predominantemente primário-exportador, com baixa participação nas etapas de maior valor agregado das cadeias globais. Essa condição revela uma assimetria entre sua riqueza mineral e sua capacidade de aproveitamento industrial, tecnológico e ambiental, especialmente no contexto da transição energética.

Verificou-se que o desempenho recente do setor mineral, ainda que robusto em volume e receita, não tem sido acompanhado por um esforço estruturado de verticalização produtiva, inovação tecnológica ou fortalecimento da indústria nacional de transformação. A escassez de políticas integradas e a falta de articulação entre os eixos mineral, industrial, ambiental e científico têm aprofundado esse descompasso, limitando a inserção soberana do Brasil na nova economia verde. Os gargalos logísticos, a fragilidade da base tecnológica e a ausência de infraestrutura especializada em refino e processamento são exemplos concretos dessa limitação.

Por outro lado, os conceitos de “minerais verdes” e as exigências internacionais por cadeias sustentáveis abrem novas janelas de oportunidade para o país. A valorização ambiental dos seus ativos naturais, a demanda global por fornecedores responsáveis e o reconhecimento internacional do Brasil como potência ambiental podem ser convertidos em ativos estratégicos — desde que acompanhados de políticas industriais, mecanismos de financiamento à inovação e regulação ambiental compatível com os novos padrões do mercado.

Diante desse cenário, o futuro do Brasil dependerá da sua capacidade de deixar de ser apenas um fornecedor de recursos e assumir o papel de agente estruturador da cadeia de minerais críticos. Isso exige decisões políticas consistentes, visão de longo prazo e alinhamento institucional. Se for capaz de integrar sua base mineral ao desenvolvimento industrial e



tecnológico sustentável, o Brasil poderá não apenas consolidar sua posição como um dos países mais verdes do mundo, mas também liderar a transformação da mineração global rumo a uma economia de baixo carbono e alta responsabilidade socioambiental. O desafio está posto e a janela estratégica, aberta.



Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Informe Mineral 04TRI2024**. Brasília: ANM, 2024. Disponível em <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/economia-mineral/publicacoes/informe-mineral/informe-04tri2024>. Acesso em: 10 de junho de 2025.

BRASIL. **Resolução nº 2, de 18 de junho de 2021. Define os minerais estratégicos para o país**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 21 jun. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br>. Acesso em: 5 maio 2025.

CASTRO, F. F. et al. **Transição energética e dependência por minerais críticos: aspectos geopolíticos, socioambientais e a perspectiva brasileira**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2022.

CASTRO, Nivalde de; AQUINO, Thereza; SANTOS, Vitor. **Transição energética, minerais críticos e o Brasil**. Rio de Janeiro: Grupo de Estudos do Setor Elétrico – GESEL/UFRJ, 2022. Disponível em: <https://gesel.ie.ufrj.br/publicacao/transicao-energetica-minerais-criticos-e-o-brasil>. Acesso em: 19 maio 2025.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL (CETEM). **Minerais aplicados à tecnologia ambiental: minerais verdes**. Rio de Janeiro: CETEM, 2021. Disponível em: <https://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1145/1/41.%20Minerais%20Verdes%20Vers%C3%A3o%20final%2815-07%29.pdf>. Acesso em: 16 maio 2025.

HUND, K. et al. **Minerals for climate action: the mineral intensity of the clean energy transition**. Washington, DC: World Bank, 2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **The role of critical minerals in clean energy transitions**. Paris: IEA, 2022. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>. Acesso em: 2 maio 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Plano Nacional de Mineração 2050: sustentabilidade e competitividade**. Brasília: MME, 2022. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br>. Acesso em: 3 maio 2025.

SANTOS, Y. C. S. **Panorama da mineração brasileira em relação a alguns dos principais minerais críticos necessários à transição energética**. Latin American Journal of Energy Research, v. 10, n. 1, p. 77–86, 2023.

SIGMA LITHIUM. **Corporate Presentation & ESG Report**. Vancouver: Sigma Lithium Resources, 2024. Disponível em: <https://www.sigmalithiumresources.com>. Acesso em: 19 maio 2025.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Securing minerals for the energy transition**. Genebra: WEF, 2023. Disponível em: <https://www.weforum.org>. Acesso em: 3 maio 2025.