

Artigo

Minerais críticos: desafios da comercialização

Renato Baumann

Doutor em economia pela Universidade de Oxford, ex-diretor do Ipea e da Cepal no Brasil, ex-professor da UnB

I – Introdução

A mineração tem sido destaque pelo interesse crescente em alguns minérios até recentemente pouco considerados. Isso se deve tanto ao progresso tecnológico, que leva à produção de itens com insumos fabricados a partir desses minerais, quanto ao ritmo de aumento da demanda global, explicado pela quantidade maciça de recursos investidos nos setores de tecnologia de ponta e pela corrida, entre as principais economias, rumo à liderança tecnológica e ao domínio de mercado.

O setor de mineração contribui de maneira limitada (em torno de 3%) ao Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil. Esse peso reduzido talvez seja influenciado pelo fato de que o país possui pouco mais de 30% do seu território mapeado em termos geológicos, na escala ideal para pesquisa mineral (1:100.000; Costa, 2022).[1]

Essa participação limitada tem relação com o tempo de tramitação dos processos: de cada mil ocorrências prospectadas, 100 alvos são sondados na pesquisa mineral, 15 se tornam depósitos minerais, quatro se tornam jazidas e uma se torna mina, segundo o Instituto Brasileiro de Mineração. O tempo médio entre o Requerimento de Pesquisa e a Concessão de Lavra é de sete anos (Costa, 2022).

No entanto, esse setor contribuiu, em 2025, para aproximadamente metade do saldo comercial brasileiro.

A movimentação recente está associada principalmente a minérios específicos, cujas características os têm levado a serem identificados como “críticos” ou “estratégicos”.

Os minerais críticos são aqueles com elevada demanda e em relação aos quais o risco de desabastecimento pode provocar descontinuidade na cadeia produtiva. Nem todo mineral crítico é estratégico.

Os minerais estratégicos são aqueles fundamentais para o desenvolvimento econômico e/ou

para a preservação da soberania nacional. São empregados em produtos e processos de alta tecnologia, em produtos da área de defesa ou vinculados aos processos de transição energética. Nem todo mineral estratégico corre o risco de desabastecimento, para ser considerado crítico.

Não há classificação universalmente aceita. Cada país define sua classificação de minérios, evidentemente correspondendo à sua dotação natural e aos processos produtivos adotados em cada caso.

O Brasil tem reservas conhecidas e ainda por explorar em grandes magnitudes de vários desses minérios. Mas há consenso de que se deve evitar repetir experiências de exportação de produtos em bruto. A alternativa é incentivar sua transformação no próprio país onde ocorre a extração do minério, possibilitando a exportação de produtos semiacabados.

Trata-se de criar condições para participar de certas cadeias de valor, mas evitando que essa participação seja apenas na provisão de matéria-prima. Essas políticas de estímulo do lado da oferta pressupõem a existência de estrutura institucional eficiente, instrumentos de governança e mecanismos regulatórios efetivos.

Esse enfoque centrado no lado da oferta de minérios específicos dá margem a algumas considerações:

i) a demanda por esses minérios tem crescido a taxas elevadíssimas, e não é claro que isso vá mudar a curto prazo;
ii) há uma corrida contra o tempo, já que os demandantes de vários desses produtos têm buscado oferta em diversos países;
iii) a participação em cadeia de valor é um ato de estímulo ao produtor. Pouco se tem falado sobre as condições de comercialização desses produtos.

Neste artigo são considerados seis minérios, dos quais o Brasil tem reservas expressivas já mapeadas. A demanda por esses produtos está relacionada com o desempenho de cadeias produtivas, com etapas de agregação de valor cumulativas. Isso torna importante identificar as características do processo de comercialização.

II – Os minerais estratégicos

A Resolução nº 2 da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia (SGM/MME), de 18 de junho de 2021, define a relação de minerais estratégicos para o Brasil. A lista compreende: cobre, ferro, ouro, manganês, nióbio, urânio, enxofre, minério de fosfato, minério de potássio, minério de molibdênio, minério de cobalto, minério de estanho, minério de grafita, minérios do grupo da platina, minério de lítio, minério de níquel, minério de silício, minério de tálio, minério de tântalo, minério de terras raras, minério de titânio, minério de tungstênio, minério de vanádio e alumínio.

O Brasil dispõe de reservas importantes de grafita (junto com a China, 2/3 das reservas mundiais), terras raras (1/4 das reservas conhecidas), manganês (terceira maior reserva), níquel (terceira maior reserva), bauxita (quarta maior reserva) e nióbio (67% do total) (Leão *et al*., 2026; USGS, 2026).[2]

O foco aqui está centrado nesses itens em que o Brasil se destaca como detentor de reservas importantes, sem prejuízo de que ao aumentar o grau de mapeamento geológico do país venham a ser descobertas reservas importantes de outros itens. Assim, a presente análise está concentrada em grafita, manganês, terras raras, níquel, bauxita e nióbio.

A grafita é um condutor elétrico empregado na fabricação de baterias. Tem também alto ponto de fusão, o que permite seu emprego como material refratário, sobretudo no setor siderúrgico, como na fundição de aço e – na forma de grafeno – em pesquisas de materiais avançados.

O manganês dá origem a ferroligas usadas para limpar as impurezas do aço, aumentando sua resistência e dureza. Também é empregado na fabricação de pilhas e em algumas ligas de alumínio.

As terras raras são empregadas em produtos de alta tecnologia, como ímãs de alta potência que compõem motores para veículos elétricos, turbinas eólicas, discos rígidos e alto-falantes. Suas propriedades magnéticas, elétricas, óticas e químicas são únicas, o que torna os elementos

O setor de mineração contribui de maneira limitada (em torno de 3%) ao PIB do Brasil. Esse peso reduzido talvez seja influenciado pelo fato de que o país possui pouco mais de 30% do seu território mapeado em termos geológicos

processados das terras raras essenciais em diversos processos produtivos.

O níquel é empregado, sobretudo, na fabricação de aço inoxidável, mas também na produção de baterias para veículos elétricos, ligas metálicas resistentes à corrosão e altas temperaturas, cunhagem de moedas, revestimentos metálicos e em fundição.

A bauxita é o minério que dá origem ao alumínio, amplamente usado em embalagens, na construção civil, na indústria automotiva, em cabos elétricos e diversas outras aplicações.

O nióbio é usado na produção de ligas de aço de alta resistência, possibilitando a obtenção de estruturas mais leves e resistentes, como as usadas em gasodutos, carrocerias automotivas e construção civil. Também é usado para a fabricação de ímãs e ligas especiais para a indústria aeroespacial.

Os seis minérios considerados aqui são importantes tanto nos processos de transição energética quanto como elementos essenciais em novos processos produtivos.

O dinamismo do mercado, motivado pelo ritmo elevado da demanda por produtos finais que empregam esses materiais e pela corrida pela liderança tecnológica em alguns setores de ponta, tem provocado, ao mesmo tempo, um conjunto crescente de restrições aplicadas às exportações desses minérios.

O resultado tem sido um desbalanceamento entre uma demanda crescente e lenta expansão da oferta, em função de que a extração desses minérios e – sobretudo – seu processamento são geograficamente limitados e concentrados em poucas empresas.

O que se denomina de terras raras é, de fato, um composto de 17 elementos: lantânio, cério, praseodímio, neodímio, promécio, samário, európio, gadolínio, térbio, disprósio, hólmio, érbio, túlio, itérbio, lutécio, ítrio e escândio. Desses, os mais demandados são o neodímio, európio, itérbio e disprósio (Medeiros *et al*., 2025).[3]

A China é onde se encontra a maior reserva de terras raras, e no Brasil a segunda maior reserva conhecida. O diferencial chinês está associado a sua liderança nos processos de obtenção dos diversos minérios encontrados nessas terras raras, controlando mais de 90% do refino e da fabricação de ímãs permanentes sinterizados.

Para países com o objetivo de participar de cadeias globais de valor como provedores não apenas dos minérios *in natura* há os desafios de estimular a atividade de extração e viabilizar o processamento desses elementos.

Um desafio adicional será assegurar participação no mercado internacional, entre outros motivos porque a demanda por esses minérios envolve etapas distintas de comercialização.

III – Cadeias de valor

Uma cadeia global de valor (CGV) envolve o movimento internacional de matérias-primas, insumos intermediários e serviços, portanto influencia a alocação internacional de recursos e a divisão internacional do trabalho.

O sistema de fragmentação dos processos produtivos em estágios em vários países é determinado pelas diferenças de custos e pelos benefícios da relocalização das diversas etapas em localidades distintas (Sturgeon, 2008; Antràs, 2019).[4]

A análise de custo-benefício que alimenta o processo decisório leva em consideração os custos de aquisição de insumos, dos fatores de produção, do transporte dos

insumos e dos itens produzidos, da governança da localização de plantas produtivas no exterior, os custos e benefícios de optar por uma alternativa de terceirização local, a interação tecnológica entre os diversos estágios do processo produtivo, entre outros elementos.

Independentemente das razões para o processo decisório, a tecnologia adotada na fabricação de um determinado produto é o que determinará o "formato" da cadeia de valor.

Segundo Baldwin e Venables (2011),[5] existem dois modelos básicos de cadeias de valor, determinados pelo processo produtivo. Num modelo – "serpente" –, cada país acrescenta uma parte do valor, de modo cumulativo, e na última etapa um país faz a montagem do produto final. Visualmente, seria uma sequência linear. Um modelo alternativo – "teia de aranha" – tem lógica distinta: cada país fabrica uma parte, que envia diretamente ao país onde acontece a etapa de montagem.

Essa distinção é importante para a consideração das cadeias de valor no caso dos minérios críticos, porque claramente o processo obedece a um modelo de tipo "serpente", em que países distintos agregam valor em etapas intermediárias, subsequentes.

A sequência básica é algo como: prospecção – mineração – processamento do minério – metalurgia – purificação – pesquisa e desenvolvimento – produto semiacabado – produto final.

Uma ilustração dessa afirmativa é encontrada em UNCTAD (2023).[6] A partir dos dados de comércio obtidos da base de dados UN/Comtrade são construídos diagramas de fluxo, que permitem identificar as diversas etapas de processamento. Tendo em vista a dotação de reservas minerais já mencionada no caso brasileiro, é apresentado a seguir o gráfico para grafita. O Brasil não aparece no gráfico, o que pode ser explicado por um desbalanceamento entre a disponibilidade de reservas e o volume de produção e comercialização externa: segundo Leão *et al*. (2026), entre 2017 e 2023 o país respondeu por apenas 5% da produção mundial, apesar de dispor de mais de um quinto das reservas globais.

A grafita é um mineral extraído de rochas, mas também pode ser produzida de forma sintética, a partir do petróleo ou carvão. Ambos os tipos são empregados na produção de baterias.

O gráfico ilustra a baixa diversificação dos países de origem do produto *in natura*, maior concorrência entre os produtores de etapas intermediárias, e concentração geográfica nas etapas de fabricação de produtos finais. Fica claro que o modelo básico é sequenciado, com etapas cumulativas de processamento e convergência para poucos produtores finais, que são os que determinam o ritmo de desempenho da cadeia em seu conjunto.

Do ponto de vista dos países fornecedores de matérias-primas, esse modelo implica vulnerabilidade, pelos riscos no processo de determinação de preços, assim como pelos riscos geopolíticos. Os países que dominam os estágios superiores do processo produtivo controlam a cadeia de valor e as condições de mercado.

A concentração dos fluxos a montante se explica pela dotação natural de recursos estar concentrada em países específicos, que controlam o ritmo de oferta. A experiência recente (pandemia, restrições de transporte, disputas políticas) tem mostrado que isso pode ser um gargalo nos processos produtivos nos países que dependem dessas matérias-primas para seu processo produtivo.

Da perspectiva que interessa para um país ofertante, há risco de formação de oligopsônio, com poucos demandantes dominando a indústria e exercendo controle sobre o fluxo de demanda e sobre o nível de preços.

IV – Comercialização

O emprego dos diversos minérios segue um processo unidirecional, com etapas subsequentes de agregação de valor. Esse modelo não apenas dá aos fabricantes das etapas finais um poder diferenciado de mercado, como sugere a importância de se considerar os agentes envolvidos ao longo do processo, sobretudo na comercialização.

No caso da grafita, foram identificadas seis empresas cuja soma de

operações corresponde à metade ou mais dos valores transacionados. Já o mercado de materiais anódicos para baterias é bem mais concentrado, com duas empresas respondendo por 40% das transações. A China domina tanto a produção (80% do total) quanto a compra e o processamento (Fortune, 2026).[7]

O mercado de manganês tem grau de concentração semelhante ao da grafita, com seis empresas correspondendo a 53% do valor das transações. No caso de manganês de alto teor uma empresa individualmente controla um terço das transações. Do lado da demanda, a China é, de longe, o principal comprador (Mordor Intelligence, 2026).[8]

No caso das terras raras existe um grau de concentração elevado, com duas empresas, ambas chinesas e estatais, respondendo por quase metade das transações (Investing News, 2025).[9]

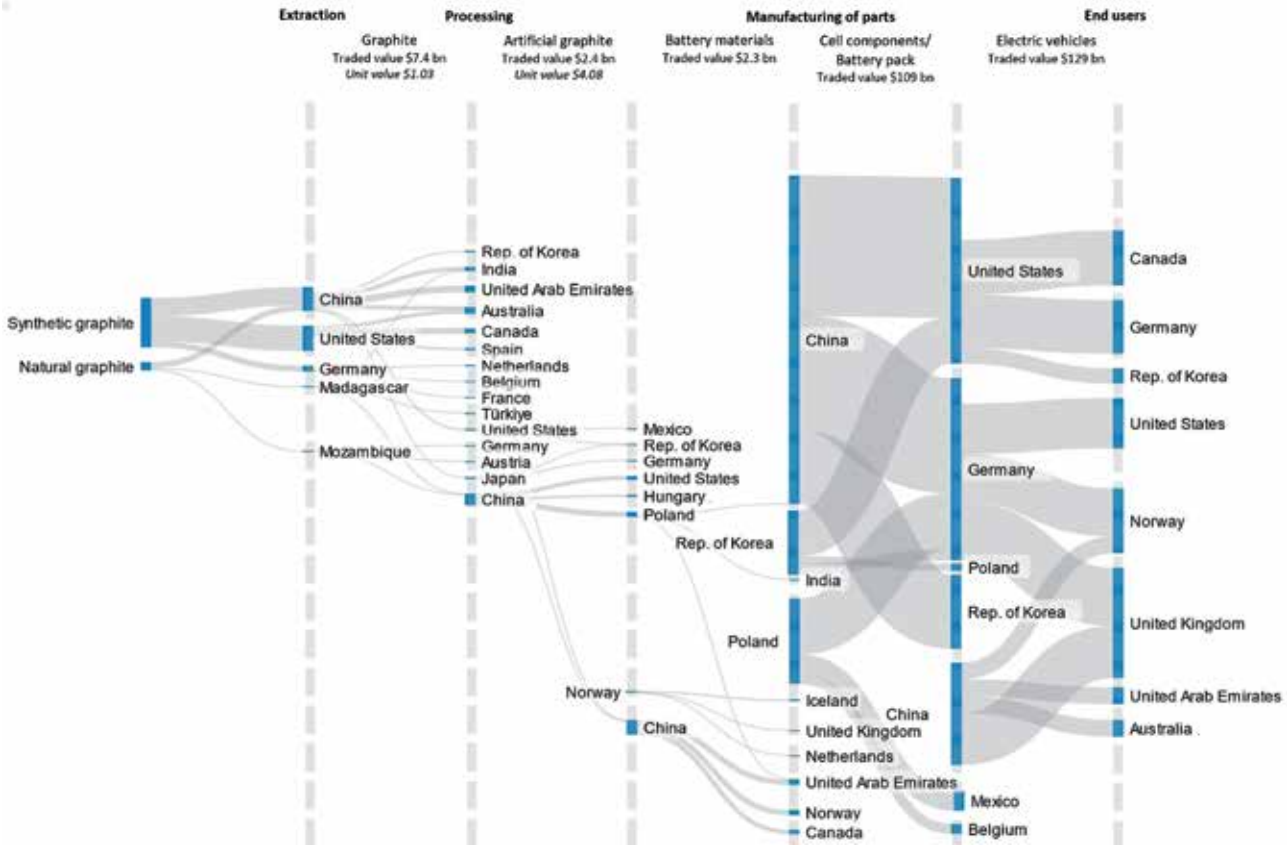
No mercado de níquel sete empresas somam 50% do valor produzido. O maior comprador é o complexo siderúrgico e de baterias chinês (Mordor Intelligence, 2026a).[10]

O mercado de bauxita é mais pulverizado. As duas maiores empresas somadas correspondem a 30% do valor total comercializado. A China absorve mais de 90% da produção global (Fortune, 2026).

O caso mais particular, nesta listagem, é o mercado de nióbio. Uma empresa – a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração – é responsável por 70-80% da oferta mundial de nióbio e ferronióbio. O maior comprador é a China, com mais de um terço da demanda mundial (Sojitz, 2026).[11]

Há, portanto, situações peculiares em cada caso:

Grafita – oligopsônio; **terras raras** – oligopsônio + quase monopólio geográfico: China com 90% do refino de terras raras; **níquel** – oligopsônio + concentração geográfica: Indonésia com 66% da oferta; **manganês** – oligopsônio + concentração geográfica: África do Sul com 50% da oferta; **nióbio** – oligopsônio + concentração geográfica: CBMM com 70-80% da produção e comercialização.



A dinâmica dos mercados de minerais críticos varia segundo o grau de regulação e de transparência no mercado para cada minério, uma vez que isso determina até que ponto um país exportador consegue maximizar sua receita com exportação e lidar com riscos potenciais (Braunstein; Chuchko, 2025).[12]

Alguns minérios, como ouro, cobre, zinco e alumínio, têm mercados já estabelecidos, com liquidez, e são transacionados em bolsas, o que permite aos produtores e consumidores lidarem com problemas de oferta na cadeia de abastecimento de maneira mais eficiente. Há maior transparência na determinação dos preços e menos volatilidade. (Payne Institute, 2026).[13]

Os minérios com demanda mais recente, como no caso das terras raras, são transacionados em mercados menos desenvolvidos. A rentabilidade do produtor é afetada pela volatilidade da diferença entre o custo de produção do minério e o preço do produto refinado, definidos em mercados distintos.

A ausência de padrões estabelecidos deixa esses mercados mais sujeitos a movimentos especulativos. A determinação dos volumes transacionados e os preços praticados resultam do tipo e ritmo do progresso tecnológico, bem como do grau de concentração do lado da demanda. A médio prazo, isso pode afetar novos investimentos.

A dimensão de oligopsônio é mais notável na etapa de aquisição dos minérios do que nas etapas subsequentes, o que aumenta o interesse de parte dos países fornecedores desses minérios em identificar formas de conviver com essa situação.

Alguns países têm tentado constituir organizações de países exportadores de metais, para controlar os preços no mercado internacional. No caso do cobre, segundo Sen *et al*. (2025),[14] entre 1967 e 1988 vigorou um Conselho Intergovernamental de Países Exportadores de Cobre. Entre 1975 e 1989 vigorou uma Associação dos Países Exportadores de Minério de Ferro. E entre 1975 e 1987 existiu uma Associação dos Produtores de Tungstênio. No entanto, nenhum desses casos conseguiu desempenho parecido com os resultados da Opec, dos produtores de petróleo.

A dimensão de oligopsônio é mais notável na etapa de aquisição dos minérios do que nas etapas subsequentes, o que aumenta o interesse de parte dos países fornecedores desses minérios em identificar formas de conviver com essa situação

V – Sugestões de políticas públicas

Uma característica de um mercado com poucos compradores é que o preço tende a ficar abaixo do que seria num cenário de maior concorrência, uma vez que os poucos compradores têm maior capacidade de barganha por preços mais baixos.

De uma perspectiva intervencionista, as políticas para promover melhor acesso ao mercado compreendem o financiamento de etapas da produção, facilidades de certificação e políticas de compras públicas para assegurar escala de produção.

Outra possibilidade é a articulação com outras economias exportadoras. Não necessariamente formação de cartel, mas intercâmbio de informações, negociações em conjunto com grandes consumidores, adoção de padrões técnicos ou ambientais e outras medidas, para reduzir a assimetria de informação.

A agenda de políticas públicas compreende ainda lidar com o risco de subfaturamento e desvio de recursos, pelo controle dos fluxos financeiros e acordos de tributação com outras economias.



Reduzir a dependência de poucos compradores requer aumentar o número de parceiros. Nem sempre isso é factível. A alternativa é elevar o grau de processamento dos minérios e exportar produtos semiacabados, para os quais há um número maior de compradores.

Empresas produtoras com necessidade de capital de giro tendem a fechar contratos em condições piores do que o ideal. O comprador tende a forçar preços mais baixos. Para minimizar esse risco, cabe aumentar a capacidade negociadora dos produtores via mecanismos de financiamento e maior capacidade de armazenamento de produtos.

Essas são medidas que não envolvem necessariamente grandes volumes de recursos. O componente principal é a atuação de algumas agências públicas, com definição de prioridades e adoção de políticas bem orientadas.

No momento em que o Brasil adota lei com diretrizes para a produção de minerais críticos, focando no processo produtivo, parece oportuno começar a pensar também em como viabilizar de maneira eficiente a comercialização dos minérios ou dos produtos que vierem a ser produzidos a partir deles.

[1]Costa, E. *Cooperação e Investimento Externo nos Setores Energético e Mineral Brasileiro*. Relatório de projeto para o Ipea, jun. 2022, não publicado.

[2]Leão, R.; Oliveira, M.; Cunha, D. Qual a importância de minerais críticos para a transição energética? Uma análise sobre reservas, produção, comércio exterior e investimentos. Ipea: *Texto para Discussão*, n. 3.174, 2026.
USGS. *Mineral Commodity Summaries*, 2026. Disponível em: https://go.fgv.br/zL9qHyxhp6c.

[3]Medeiros, F.; Wentz, A.; Castro, B.; Rodrigues, F.; Alves, S.; Korn, M.; Bettini, J.; Anjos, J.; Guarieiro, L. Rare Earth elements: A review of primary sources, applications, business investment, and characterization techniques. *Applied Sciences*, n. 15, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.3390/app152010949.

[4]Sturgeon, T. From commodity chains to value chains: Interdisciplinary theory building in an age of globalization, industrial performance center. MIT: *Working Paper Series*, MIT-IPC-08-001, Jan. 2008.

Antràs, P. Conceptual aspects of global value chains. *NBER Working Paper*, n. 26539, Dec. 2019.

[5]Baldwin, R.; Venables, A. Relocating the value chain: off-shoring and agglomeration in the global economy. University of Oxford, Department of Economics: *Economics Series Working Papers*, 544, 2011.

[6]UNCTAD. Technical note on critical minerals – supply chains, trade flows and value addition. UNCTAD/DITC/MISC/2023/14, 2023.

[7]Fortune Business Insights, bauxite market size, share & industry analysis, by type (metallurgical grade, refractory grade), by application (alumina production, refractory, cement, others) and regional forecast, 2026-2034. Aug. 3, 2026. Disponível em: https://go.fgv.br/M6A6blUXG1f.

[8]Mordor Intelligence, manganese market size & share analysis – growth trends and forecast (2026-2031), 2026. Disponível em: https://go.fgv.br/E8efAsjpxNK.

[9]Investing News Network. Rare Earths stocks: 9 biggest companies. Sep. 3, 2025. Disponível em: https://go.fgv.br/XTGKWYkp4Dn.

[10]Mordor Intelligence. Nickel market size & share analysis – growth trends and forecast (2026-2031), 2026a. Disponível em: https://go.fgv.br/sOIjSo5VNK5.

[11]Sojitz's niobium business: Ensuring stable supply of an essential additive in high-strength steel manufacturing, 2026. Disponível em: https://go.fgv.br/zfGa1ox4J44.

[12]Braunstein, J.; Chuchko, M. Resource curse in the age of critical minerals: Geopolitical forces and market maturity. *Energy Research & Social Science*, v. 127, n. 104247, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.erss.2025.104247.

[13]Payne Institute. From criticality to bankability: A structural taxonomy for strategic minerals. Colorado School of Mines, 2026.

[14]Sen, A.; Jamasb, T.; Toba, N. The emerging global market for energy transition critical minerals: Competition, cooperation, or cartelisation? Copenhagen Business School, CBS: *CSEI Working Paper*, n. 2025-05, Department of Economics, Copenhagen Business School, n. 06-2025.