

SOBERANIA MINERAL, TERRAS RARAS E PODER GEOPOLÍTICO: UM MODELO HÍBRIDO PARA O BRASIL

Dra. Luciana Bauer¹

Dr. Pedro Costa Junior²

EMENTA

A soberania sobre recursos minerais estratégicos, especialmente as terras raras, não se traduz automaticamente em poder econômico ou geopolítico. Com base na literatura analisada, demonstra-se que o elemento decisivo não é a posse do recurso em si, mas o controle das cadeias de valor — incluindo refino, processamento e aplicação tecnológica. A economia contemporânea depende desses materiais críticos, mas seus mercados são marcados por alta concentração, opacidade e forte dependência de capacidades industriais avançadas.

O estudo/parecer examina o caso da China como modelo de integração vertical bem-sucedida, construído por meio de política industrial deliberada, controle regulatório e coordenação estatal. A análise comparada com países como Austrália, Noruega, Estados Unidos e Chile indica que os modelos mais eficazes combinam soberania estatal sobre os recursos com concorrência regulada e políticas voltadas ao domínio tecnológico das etapas mais sofisticadas da cadeia produtiva.

No caso brasileiro, conclui-se que o desafio não está na exploração mineral, mas na construção de capacidades industriais e tecnológicas que permitam capturar valor estratégico. A proposta institucional defendida é um modelo híbrido, que articule controle

¹ Luciana Bauer é doutora em Ciência Jurídica pela Universidade do Vale do Itajaí (Univali), em regime de dupla titulação com o Doctor of Law (SJD) pela Widener University Delaware Law School (Estados Unidos). É mestre em Ciência Jurídica pela Univali, com LL.M. pela mesma instituição norte-americana, e graduada em Ciências Jurídicas e Sociais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Realiza estágio de pós-doutorado em Direito na Univali, em dupla titulação com a Pace University (Estados Unidos), com pesquisas voltadas ao Direito Climático, Justiça Climática e Geopolítica do Clima. Atuou por mais de vinte anos como Juíza Federal do Tribunal Regional Federal da 4ª Região, com experiência em matérias constitucionais, ambientais e de direitos fundamentais. É autora de obras e pesquisas na área de direito climático e democracia, com destaque para o livro *A Norma Climática*. Integra a Associação Juizes para a Democracia e desenvolve projetos acadêmicos e institucionais voltados à governança climática, litigância estratégica e relações entre direito, economia e meio ambiente. Fundadora do Instituto JUSCLIMA e da Consultoria Agnelli & Bauer com atuação Brasil e EUA.

² Pedro Costa. Doutor em Ciência Política na USP (2025); Bolsa CAPES; Mestre em Ciências Sociais pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (2012) - Área de Ciência Política; Bolsa CNPQ. Bacharel em Relações Internacionais pelas Faculdades de Campinas (2007); Bolsa FACAMP. Professor licenciado de Relações Internacionais e Economia das Faculdades de Campinas (FACAMP). Atua predominantemente nas áreas de Economia Política Internacional, Geopolítica, Filosofia Política, Relações Internacionais Contemporâneas e Teoria das Relações Internacionais. Autor do livro "O Poder Americano no Sistema Mundial Moderno: Colapso ou Mito do Colapso?";(Curitiba: Editora Appris, 2019). Co-autor do livro "Repensando a Guerra Fria"; (GALLO, Rodrigo LOUREIRO, Heitor (org). São Paulo: Hucitec, 2022. ISBN: 978-85-8404-277-7). Autor do artigo: The New Polycentric International Order ("A Nova Ordem Internacional Policêntrica"), publicado no National Committee for BRICS Research, (<https://www.nkibrics.ru/posts/show/6259a78b6272699b15500000>). Desenvolve pesquisas sobre Política Externa dos Estados Unidos para China, Eurasia e América Latina; as Reconfigurações do Poder Global; e as perspectivas geopolíticas e geoeconômicas do Sul Global. Editor de Geopolítica e Relações Internacionais do Jornal GGN.

estatal do recurso, estímulo à concorrência interna e desenvolvimento da cadeia de valor, como caminho para assegurar autonomia econômica e relevância geopolítica.

Introdução

Este parecer — elaborado a pedido da Rede Soberania — tem por objetivo examinar os fundamentos jurídicos, econômicos e geopolíticos que devem orientar a construção de um marco legislativo brasileiro para terras raras e minerais críticos. A análise parte do princípio da soberania consagrado na Constituição Federal e o articula com as transformações contemporâneas das cadeias globais de valor, nas quais tais recursos assumem papel estratégico para o desenvolvimento e a riqueza nacionais.

Com base na literatura especializada, o parecer investiga em que medida a soberania mineral pode ser convertida em poder econômico e influência geopolítica, destacando que a mera titularidade dos recursos não é suficiente para assegurar vantagem estratégica. Nesse contexto, são examinados os condicionantes estruturais — tecnológicos, industriais e institucionais — que permitem aos Estados transformar recursos naturais em capacidade efetiva de decisão e autonomia.

Propõe-se uma leitura integrada entre direito constitucional, economia política internacional e geopolítica dos recursos — em especial a geopolítica da transição energética — oferecendo subsídios técnicos para a formulação de políticas públicas que conciliem soberania, desenvolvimento industrial e inserção estratégica do Brasil nas cadeias globais de minerais críticos.

A evidência internacional demonstra que os países que capturam maior valor não são necessariamente os que apenas possuem reservas, mas aqueles que controlam etapas críticas da cadeia: separação química, refino, metalurgia, ligas, ímãs, baterias, semicondutores, equipamentos de energia e aplicações militares. A China é o caso mais acabado de integração vertical; o Japão é o caso de soberania tecnológica sem base mineral relevante; a Austrália é o caso de soberania minerária com tentativa de avançar no refino; a Noruega oferece um modelo institucional de captura pública da renda de recursos garantindo sustentabilidade as futuras gerações; o Chile mostra os limites de controlar o recurso sem dominar plenamente a indústria; e os Estados Unidos demonstram como segurança nacional, compras públicas e inovação podem reconstruir cadeias críticas.

Neste contexto o Brasil e a sua Constituição já fornecem os fundamentos de uma política robusta: os recursos minerais pertencem à União, as jazidas são distintas da propriedade do solo, a lavra depende de autorização ou concessão e deve atender ao interesse nacional. O problema brasileiro não é a ausência de base constitucional, mas a insuficiência de um desenho institucional legislativo sólido que transforme titularidade pública em estratégia industrial. O marco legislativo deve criar mecanismos de classificação de minerais críticos, contratos especiais de exploração, exigências

progressivas de beneficiamento, fundo soberano mineral, rastreabilidade, estoques estratégicos, compras públicas de inovação, proteção ambiental, participação de universidades e centros tecnológicos e governança interministerial permanente.

Este parecer sustenta uma tese central: o Brasil não deve escolher entre estatização rígida e abertura primária ao capital extrativo. Deve estruturar um regime de soberania pública com competição regulada, no qual empresas privadas, públicas e mistas possam operar mediante obrigações de agregação de valor, transparência, controle ambiental e integração com cadeias industriais nacionais. O objetivo não é apenas extrair minério, mas transformar recursos naturais em capacidade de decisão, tecnologia, empregos qualificados e autonomia estratégica. E principalmente, deixar em solo nacional a garantia de soberania estratégica que estes minerais possibilitam.

Temos a segunda maior reserva, sendo que pouco mais de 25% do território nacional foi mapeado. Quiçá ao mapear todo território nacional, nossas jazidas sejam as maiores do mundo e nos tragam uma relevância estratégica que enseje não somente uma reindustrialização com base na nova tecnologia verde, mas nos garanta autonomia no conjunto de nações que hoje lutam ainda no esquema colônia metrópole. As terras raras são uma inédita e útil forma de abandonarmos um passado colonial provedor de commodities, e ser finalmente agente de um mundo novo, tecnológico, sustentável e próspero para os brasileiros (BAUER,2025).

Histórico

A disputa contemporânea por terras raras e minerais críticos não pode ser entendida como uma simples corrida por commodities minerais. A posse geológica de reservas é apenas o ponto inicial. O poder econômico e geopolítico nasce quando o Estado e sua base industrial conseguem transformar minério em tecnologia, e tecnologia em capacidade produtiva, militar, energética e diplomática. Esta distinção é essencial para qualquer proposta legislativa Brasileira. Aliás, o Brasil já dispõe de base constitucional para afirmar soberania sobre recursos minerais, mas ainda carece de instrumentos para converter essa soberania formal em domínio material de cadeias produtivas.

Abraham (2015) descreve a passagem para a 'era dos metais raros' como um deslocamento profundo da base material da economia. Smartphones, turbinas eólicas, veículos elétricos, radares, mísseis guiados, equipamentos médicos e sistemas digitais não dependem apenas de aço, cobre ou petróleo, mas de dezenas de elementos usados em pequenas quantidades e com funções muito específicas. A característica decisiva desses materiais é sua invisibilidade econômica: estão embutidos em componentes, não aparecem ao consumidor final e frequentemente sequer são plenamente conhecidos por executivos de empresas que dependem deles.

A centralidade das terras raras é paradoxal. Elas não são, em geral, geologicamente raras. O problema reside na baixa concentração de jazidas economicamente exploráveis, na complexidade química da separação, no custo ambiental do refino, na ausência de mercados transparentes e na concentração das etapas intermediárias. Como observa Seaman (2019), a concentração produtiva chinesa foi menos produto de uma escassez natural e mais resultado de políticas públicas, condições ambientais, liberalização comercial e decisões de realocização industrial tomadas ao longo de décadas.

A pergunta legislativa brasileira, portanto, não deve ser formulada como 'quem possui o minério?', mas como 'quem controla a cadeia que transforma o minério em poder?'. Um país pode exportar concentrado mineral por décadas e continuar dependente; outro pode não possuir reservas relevantes e, ainda assim, dominar patentes, ligas, ímãs, baterias, motores e equipamentos. Esta assimetria explica por que o Japão, pobre em recursos minerais, conserva capacidades industriais críticas, enquanto países ricos em reservas frequentemente permanecem presos à exportação primária.

Este parecer parte da premissa de que minerais críticos são bens econômicos, mas também infraestruturas de soberania. Mas muito além são bens intergeracionais de prosperidade e paz. Eles sustentam a transição energética, a digitalização, a defesa e a competição industrial. Por isso, devem ser tratados por um marco legislativo que vá além do regime minerário tradicional, incorporando política científica, política industrial, segurança nacional, comércio exterior, meio ambiente e governança federativa para presentes e futuras gerações.

Conforme Abraham (2015), a economia global entrou na “era dos metais raros”, na qual pequenas quantidades de materiais possuem impacto sistêmico. Para o autor, a economia contemporânea passou por uma transformação estrutural, na qual os metais raros se tornaram elementos centrais para a produção tecnológica, energética e militar.

Diferentemente de períodos históricos anteriores, em que poucos materiais sustentavam o desenvolvimento industrial, hoje há uma dependência crescente de múltiplos elementos em combinações complexas e altamente especializadas. Essa mudança ocorre em um contexto crítico de transição energética, no qual esses metais são indispensáveis para tecnologias verdes, como veículos elétricos e energias renováveis, tornando sua disponibilidade um fator determinante para o futuro econômico e ambiental.

Ao mesmo tempo, o cientista destaca a crescente vulnerabilidade das cadeias de suprimento desses recursos. A produção é complexa, concentrada e lenta para responder ao aumento da demanda, o que gera riscos sistêmicos para a economia global. Pequenas variações na oferta podem impactar diretamente setores estratégicos, elevando custos e limitando inovações. Além disso, a opacidade do mercado, a dificuldade de rastrear a origem dos minerais e a dependência de poucos fornecedores reforçam a instabilidade, criando um cenário no qual empresas e países ficam expostos a interrupções com consequências amplas.

Abraham sustenta que os metais raros se tornaram um instrumento de poder geopolítico, comparável, em novos termos, aos recursos estratégicos do passado. Países que controlam esses materiais exercem influência significativa sobre cadeias produtivas globais, podendo afetar relações internacionais e decisões econômicas. Essa dinâmica inaugura uma nova disputa global por acesso a recursos críticos, na qual a capacidade de garantir suprimento seguro e sustentável se torna essencial não apenas para o desenvolvimento econômico, mas também para a segurança nacional e o equilíbrio de poder entre as nações.

Para compreender o atual contexto geopolítico das terras raras, é necessário recuperar a trajetória pela qual a China transformou esses minerais em vetor estratégico de política industrial e poder internacional. Desde os anos 1980, o país passou a tratar as terras raras como insumos centrais para a modernização econômica, tecnológica e militar. A conhecida formulação atribuída a Deng Xiaoping — “The Middle East has oil, China has rare earths” (O Ocidente tem o petróleo, mas a China tem as terras raras)— geralmente situada em 1992, durante visita a Baotou, sintetiza essa visão estratégica (ABRAHAM, 2015; SEAMAN, 2019). Tal perspectiva indicava que esses minerais poderiam desempenhar, na economia contemporânea, papel análogo ao do petróleo no século XX.

A partir dessa orientação, a China construiu uma posição dominante não apenas na extração, mas principalmente no refino, separação e fabricação de produtos de alto valor agregado, como ímãs permanentes e componentes eletrônicos avançados. Segundo Seaman (2019), esse domínio resulta de uma política industrial deliberada, baseada em subsídios, controle regulatório e integração vertical da cadeia produtiva. Essa estratégia foi aprofundada ao longo dos anos 2000 e incorporada a iniciativas como as “indústrias emergentes estratégicas” e o plano Made in China 2025, voltadas à liderança tecnológica global. Conforme Abraham (2015), o controle da cadeia de valor — e não apenas do recurso — é o elemento decisivo para a captura de poder econômico.

No entanto, o episódio de 2010, quando a China restringiu exportações de terras raras ao Japão, revela os limites desse poder. Apesar da alta concentração de oferta, o Japão conseguiu mitigar os impactos por meio de diversificação de fornecedores, inovação tecnológica e redução da dependência desses materiais. Como demonstram Gholz e Hughes (2019), a eficácia do poder econômico é condicionada pela estrutura de mercado, sendo que mesmo em cenários de monopólio os mecanismos de adaptação podem reduzir significativamente a capacidade de coerção. Assim, a experiência internacional indica que o poder geopolítico associado às terras raras depende não apenas da disponibilidade do recurso, mas da capacidade de dominar as cadeias produtivas e tecnológicas associadas.

Gholz e Hughes (2019) demonstram que “Estrutura de mercado condiciona poderosamente a eficácia das sanções”, indicando que a estrutura de mercado limita o poder coercitivo mesmo em condições de monopólio. No caso do embargo de 2010, “As metas conseguiram reduzir substancialmente os custos das sanções”, evidenciando capacidade de adaptação do Japão.

Esses achados indicam que o poder não decorre apenas da posse do recurso, mas da capacidade de controlar cadeias de valor, tecnologia e mercado. Países que dominam o processamento e a inovação capturam maior valor econômico e possuem também mais poder de barganha em um mundo poli hegemônico (em que os Estados Unidos já não são o único hegemom global (COSTA, 2026)).

Assim, a história recente determina que a política pública deve focar na coordenação estratégica da cadeia produtiva, combinando soberania estatal sobre o recurso com concorrência regulada e investimento tecnológico. Isso tudo com vistas a uma futura economia verde e ao abandono da matriz de petróleo que as terras raras também propiciam. Mas como seria esta política aplicada ao Brasil e quais os países que se tornaram cases de sucesso na utilização da soberania de minerais para impulsionar o PIB e desenvolvimento social industrial e político?

Conceitos: terras raras, minerais críticos e soberania funcional

As terras raras compõem um grupo de dezessete elementos, incluindo os quinze lantanídeos, além do ítrio e do escândio. Elas são usadas em catalisadores, polimento de vidro, baterias, cerâmicas, fósforos, lasers e, sobretudo, em ímãs permanentes de alto desempenho. Neodímio, praseodímio, disprósio e térbio ocupam posição particularmente sensível porque estão associados a ímãs NdFeB e aplicações de alta temperatura, fundamentais para turbinas eólicas, veículos elétricos, drones, satélites, radares e sistemas de orientação.

A categoria 'mineral crítico' não é puramente geológica. Um mineral torna-se crítico quando sua função econômica, industrial ou militar é elevada e sua oferta está exposta a riscos de concentração, instabilidade política, baixa substituíbilidade, opacidade ou demora de resposta. A criticidade é, portanto, relacional: depende do país, do setor, da tecnologia e da estrutura de mercado. Seaman (2019) enfatiza que algumas terras raras se tornaram menos críticas após inovação e substituição, enquanto outras permanecem centrais para cadeias emergentes, especialmente ímãs de alto desempenho.

A soberania econômica, neste contexto, não se reduz ao monopólio estatal da lavra. O conceito útil para o Brasil é o de soberania funcional: capacidade de decidir, regular, direcionar, capturar valor e impedir vulnerabilidades em cadeias estratégicas. A Constituição Federal brasileira já aproxima-se dessa lógica ao afirmar que os recursos minerais pertencem à União e que a pesquisa e a lavra dependem de autorização ou concessão no interesse nacional. A legislação ordinária, porém, precisa especificar como esse interesse nacional se traduz em política industrial, tecnologia, refino, conteúdo local, defesa, transição energética e segurança climática.

A distinção entre soberania dominial, soberania regulatória e soberania industrial é central. A primeira refere-se à titularidade pública do recurso. A segunda diz respeito à capacidade de condicionar quem explora, em que condições e com quais obrigações. A terceira envolve a existência de empresas, laboratórios, engenheiros, patentes, máquinas, processos e compradores capazes de internalizar valor. Países bem-sucedidos articulam as três; países dependentes frequentemente possuem apenas a primeira.

A cadeia de valor: por que mineração sem refino não gera poder

O erro mais frequente em debates sobre terras raras é confundir extração com soberania. A cadeia produtiva possui múltiplas etapas: prospecção, lavra, concentração, separação química, produção de óxidos, conversão em metais, formulação de ligas, fabricação de ímãs ou componentes, integração em motores, baterias, equipamentos médicos, sistemas de defesa e bens finais. Cada etapa exige competências distintas e captura parcelas diferentes de valor.

Gholz (2014) descreve a cadeia de terras raras como uma sequência que vai do minério aos óxidos, dos óxidos aos metais, dos metais às ligas, das ligas aos componentes e dos componentes aos produtos finais. Essa estrutura explica por que um país pode produzir concentrado mineral e continuar dependente de outro para separação e metalurgia. Também explica por que políticas públicas focadas apenas na abertura de minas não bastam para criar autonomia.

A etapa de separação é especialmente crítica. Terras raras aparecem misturadas entre si e associadas a outros elementos, inclusive tório e urânio em alguns depósitos. Separá-las demanda conhecimento químico, solventes, energia, controle ambiental e escala. O custo ambiental dessa etapa foi uma das razões pelas quais parte da produção saiu dos Estados Unidos e da Europa e se concentrou na China entre os anos 1980 e 2000 (SEAMAN, 2019). A globalização deslocou não apenas empregos, mas também poluição, conhecimento tácito e infraestrutura industrial.

Por isso, a proposta brasileira deve evitar duas ilusões: a de que bastaria nacionalizar a mina e a de que bastaria atrair capital estrangeiro para lavra. A soberania efetiva requer metas progressivas de beneficiamento interno, laboratórios de separação, plantas-piloto, formação de recursos humanos, compras públicas, acordos de transferência tecnológica e uma política de longo prazo para manufatura de componentes.

Quadro gráfico 1 - Cadeia de valor e captura relativa de valor

Item	Valor	Representação gráfica
Mineração/concentrado	1	
Separação e refino	3	
Metais e ligas	5	
Ímãs e componentes	8	
Produtos finais de alta tecnologia	13	

China: o caso mais completo de soberania mineral integrada

A China é o caso central porque converteu uma posição mineral em arquitetura industrial. A frase atribuída a Deng Xiaoping - segundo a qual o Oriente Médio teria petróleo e a China teria terras raras - tornou-se símbolo de uma orientação estratégica: tratar esses materiais como base de poder tecnológico. Ainda que a formulação seja frequentemente citada com variações de data e contexto, a literatura converge ao reconhecer que, desde os anos 1980, o setor foi vinculado à modernização industrial e militar chinesa (ABRAHAM, 2015; SEAMAN, 2019).

Seaman (2019) identifica três fatores que explicam a concentração chinesa: políticas internas e condições de mercado; mudanças regulatórias em outros produtores, especialmente pressões ambientais nos Estados Unidos e na Europa; e efeitos da globalização, com empresas estrangeiras deslocando produção para a China e transferindo conhecimento. Esse conjunto permitiu que Pequim acumulasse não apenas capacidade de lavra, mas também separação, refino, ligas e manufatura.

O domínio chinês foi reforçado por instrumentos clássicos de política industrial: energia e terra baratas, apoio a pesquisa e desenvolvimento, crédito direcionado, tolerância ambiental em fases iniciais, consolidação empresarial e controle de exportações. Abraham (2015) mostra que Pequim usou quotas, licenças e outras ferramentas não apenas para administrar preços, mas para atrair fábricas consumidoras de terras raras para dentro do país. A lógica era clara: exportar óxidos baratos gerava pouca renda; hospedar fábricas de ímãs, motores, eletrônicos e tecnologias verdes gerava empregos, conhecimento e influência.

O caso da China demonstra que monopólio funcional não significa ausência de empresas. Pelo contrário, por muitos anos o setor foi fragmentado, com operadores pequenos, contrabando e

competição predatória. A resposta estatal foi consolidar empresas, fortalecer atores estatais ou paraestatais e buscar coordenação. Em vez de monopolizar toda operação diretamente, o Estado chinês procurou controlar os parâmetros centrais: licenças, quotas, preços mínimos, exportações, crédito, consolidação e metas industriais.

Os números ilustram a escala. O USGS estimou que, em 2024, a produção mundial de terras raras foi de 390 mil toneladas em equivalente de óxido, das quais 270 mil toneladas vieram da China, seguida por Estados Unidos, Myanmar, Austrália, Nigéria e Tailândia (USGS, 2025). Seaman (2019) registra que, por duas décadas, a China produziu entre 80% e 95% das terras raras globais, além de consumir mais de 80% dos óxidos produzidos mundialmente. A força chinesa, portanto, não é apenas exportadora; é também de mercado interno, escala industrial e integração com setores tecnológicos.

A dimensão downstream (rio abaixo ou sequência de mineração propriamente dita) é ainda mais reveladora. Seaman (2019) observa que, em 2013, a China produzia cerca de 90% das ligas magnéticas e 75% dos ímãs NdFeB. Essa é a diferença entre país minerador e país industrial. A mina é apenas o começo; o poder reside no domínio dos materiais avançados que entram em turbinas, carros elétricos, drones, satélites, radares e sistemas de defesa.

Quadro gráfico 2 - Produção estimada de terras raras em 2024 (USGS)

Item	Valor	Representação gráfica
China	270.000 t REO	
Estados Unidos	45.000 t REO	
Myanmar/Burma	31.000 t REO	
Austrália	13.000 t REO	
Nigéria	13.000 t REO	
Tailândia	13.000 t REO	
Índia	2.900 t REO	
Rússia	2.500 t REO	
Madagascar	2.000 t REO	
Brasil	20 t REO	

O episódio China-Japão de 2010: poder real, mas não absoluto

O episódio de 2010, envolvendo a detenção de um capitão chinês por autoridades japonesas nas águas disputadas das ilhas Senkaku/Diaoyu, tornou-se o principal laboratório empírico da geopolítica das terras raras. A China foi acusada de interromper remessas ao Japão; Pequim negou formalmente. O resultado político imediato pareceu favorecer a China, pois o capitão foi liberado. Contudo, a literatura mais cuidadosa mostra que o ganho estratégico foi limitado.

Gholz (2014) sustenta que, embora o caso tenha sido interpretado como demonstração de força, a China obteve pouco. O Japão não alterou sua posição jurídica sobre as ilhas, continuou administrando o território e acelerou políticas de diversificação, inovação e redução de dependência. O embargo, se existiu como política coordenada, funcionou como alerta para o mundo e como catalisador de ajustes de mercado.




Gholz e Hughes (2019) tratam o episódio como um 'pathway case', isto é, um caso em que as condições pareciam ideais para a coerção econômica: alta concentração de oferta, alta dependência do alvo e baixa substituíbilidade de curto prazo. Mesmo assim, o Japão reduziu os custos da sanção por múltiplos canais. A conclusão teórica é decisiva para o Brasil: estrutura de mercado condiciona a eficácia da coerção. Monopólio mineral não é poder automático; ele depende da elasticidade da demanda, da possibilidade de reexportação, dos estoques, da capacidade tecnológica e do tempo de ajuste.

O Japão reagiu por diversificação de suprimento, participação em projetos fora da China, estoques, reciclagem e inovação. Empresas passaram a reduzir o uso de disprósio e neodímio em ímãs, substituir materiais em aplicações menos exigentes e mudar processos produtivos.

Segundo Gholz e Hughes (2019), o consumo japonês de terras raras caiu de 26.665 toneladas em 2010 para 21.080 toneladas em 2011 e 14.470 toneladas em 2012, evidenciando uma resposta de demanda muito mais forte do que se imaginava antes da crise. Esse dado não diminui a importância estratégica das terras raras. Ele apenas corrige uma tese simplista: a dependência mineral pode gerar vulnerabilidade, mas também induz adaptação.

Para um Estado que queira transformar minerais em poder, a lição é dupla: dominar a cadeia cria vantagem; mas essa vantagem precisa ser permanentemente renovada por tecnologia, escala, qualidade e integração industrial, pois compradores sofisticados buscam reduzir vulnerabilidades.

Quadro gráfico 3 - Ajuste da demanda japonesa após 2010

Item	Valor	Representação gráfica
2010	26.665 t	
2011	21.080 t	
2012	14.470 t	

Japão: soberania tecnológica sem soberania geológica

O Japão é essencial para a pergunta brasileira porque demonstra que a soberania mineral não se limita ao subsolo. O país possui escassez de recursos naturais, mas construiu competências tecnológicas, industriais e institucionais que lhe permitem reduzir vulnerabilidades. Sua estratégia após 2010 envolveu a criação de uma estatal de terras raras JOGMEC³, empresas comerciais, fabricantes de ímãs, universidades e centros de pesquisa.

A parceria japonesa com a Lynas, na Austrália, é um caso paradigmático. Em vez de tentar controlar diretamente todas as minas, o Japão estruturou financiamento, contratos de longo prazo e apoio empresarial para assegurar oferta não chinesa. Essa estratégia combinou diplomacia econômica, capital paciente e demanda industrial organizada. A soberania, nesse caso, não foi dominial, mas contratual, tecnológica e financeira.

A força japonesa também reside em patentes e processos. A literatura registra que empresas japonesas mantiveram liderança em ímãs de alta qualidade e tecnologias de redução de disprósio. Abraham (2015) descreve o esforço japonês para impedir a migração de capacidades produtivas para a China, inclusive por meio de subsídios e apoio à conservação de metais raros. A fala de um funcionário japonês citada por Abraham - de que é impossível manter uma tecnologia no Japão

³ É uma agência estatal japonesa. Função após 2010: tem por escopo financiar projetos de mineração fora da China, garantir contratos de longo prazo, reduzir risco para empresas japonesas. Exemplo concreto: o Japão ajudou a financiar a mina australiana da Lynas para ter acesso alternativo às terras raras. <https://www.jogmec.go.jp/english/>

para sempre - revela a tensão central: tecnologia só permanece nacional se houver ecossistema industrial, mercado, insumos e inovação contínua.

Para o Brasil, a experiência japonesa indica que não basta ter jazidas. É preciso construir instituições capazes de financiar, coordenar e proteger competências. Universidades, SENAI, EMBRAPPII, BNDES, FINEP, CNEN, centros de materiais, empresas de defesa, indústria automotiva, energia e mineração precisam operar como rede. Sem essa arquitetura, o país exportará concentrados e importará ímãs, baterias e equipamentos de alto valor.

Austrália: recursos, segurança jurídica e desafio downstream

A Austrália é um caso de país minerador avançado que combina segurança jurídica, recursos relevantes, ambiente competitivo e crescente preocupação estratégica. Seu modelo não é de monopólio estatal operacional, mas de soberania regulatória: os recursos são explorados por empresas privadas sob licenças, obrigações ambientais, royalties e avaliação pública. A experiência de Mount Weld e da Lynas mostra que, em terras raras, a viabilidade depende não apenas da mina, mas do processamento.

A Austrália tornou-se peça-chave para reduzir dependência da China porque oferece jurisdição confiável, reservas relevantes e alianças com Japão, Estados Unidos e Europa. Entretanto, durante muito tempo parte do processamento ocorreu fora do território australiano, especialmente na Malásia, o que ilustra o problema estrutural: até países ricos em mineração podem permanecer incompletos sem refino e separação domésticos.

O caso australiano é instrutivo para o Brasil por três razões. Primeiro, mostra que capital privado pode operar com eficiência quando há estabilidade regulatória. Segundo, demonstra que o Estado precisa participar reduzindo riscos de projetos longos, caros e sujeitos a ciclos de preço. Terceiro, evidencia que o avanço downstream exige instrumentos adicionais: contratos de compra, financiamento público, garantias, reservas estratégicas e parcerias com consumidores finais.

Um marco brasileiro deve aprender com a Austrália sem copiá-la mecanicamente. O Brasil tem vantagens de escala, diversidade mineral e mercado interno potencial, mas enfrenta maior instabilidade regulatória, infraestrutura desigual e menor base tecnológica em terras raras. A política precisa combinar licenciamento previsível com obrigações de agregação de valor, sob pena de repetir a trajetória de exportador primário.

Estados Unidos: segurança nacional, inovação e reconstrução de cadeias

Os Estados Unidos foram produtores dominantes de terras raras até os anos 1980, mas perderam posição para a China por uma combinação de custos, regulação ambiental, deslocamento industrial e decisões empresariais. Mountain Pass, na Califórnia, simboliza esse ciclo: de liderança global a fechamento, reabertura, falência de Molycorp e nova tentativa de reconstrução com MP Materials.

Gholz (2014) enfatiza que o pânico norte-americano após 2010 foi parcialmente exagerado, mas não irrelevante. O setor de defesa usa volumes relativamente pequenos, o que permite estoques e adaptações; contudo, a dependência em componentes críticos pode gerar atrasos, riscos de suprimento e vulnerabilidade industrial. A resposta norte-americana mais consistente não foi simplesmente subsidiar mineração, mas financiar pesquisa, reduzir uso de materiais críticos, desenvolver substitutos, apoiar processamento e utilizar instrumentos de segurança nacional.

O modelo dos Estados Unidos é menos de soberania dominial e mais de soberania tecnológica. O Estado não precisa operar diretamente todas as minas, mas usa compras públicas, Defense Production Act, financiamento de P&D, restrições a investimentos sensíveis, parcerias com aliados e política industrial para reconstruir cadeias. Essa abordagem é relevante para o Brasil porque mostra que segurança nacional pode justificar intervenção seletiva sem eliminar concorrência.

A diferença é que o Brasil parte de outra posição: possui titularidade pública constitucional sobre recursos minerais e potencial geológico relevante. Pode, portanto, combinar instrumentos norte-americanos de inovação e defesa com uma base jurídica mais forte de controle público sobre o subsolo. O desafio é criar capacidade administrativa e tecnológica para exercer essa soberania de forma competente.

Noruega: captura pública da renda e institucionalidade de longo prazo

A Noruega não é um caso de terras raras, mas é talvez o melhor exemplo de como um país pode transformar recurso natural em riqueza pública de longo prazo. Seu setor de petróleo e gás mostra que soberania sobre recursos exige regime fiscal robusto, participação estatal, transparência, competência regulatória, empresa nacional forte e fundo soberano intergeracional.

O governo norueguês afirma que o setor de petróleo e gás é o maior do país em valor agregado, receitas públicas, investimentos e exportações, e que a gestão de longo prazo das receitas busca

beneficiar a sociedade e as futuras gerações. O Government Pension Fund foi estruturado para poupança pública, financiamento futuro e equidade intergeracional, com gestão profissional e mandato definido pelo Ministério da Fazenda (NORUEGA, 2025; NORWEGIAN PETROLEUM, 2026).

A lição norueguesa para minerais críticos é institucional. Recursos naturais geram ciclos de preço, pressões regionais, captura política e tentação de gasto imediato. Um fundo soberano mineral brasileiro, vinculado a royalties adicionais de minerais críticos, poderia financiar pesquisa, recuperação ambiental, ciência de materiais, infraestrutura logística, formação técnica e transição energética. O objetivo não seria apenas arrecadar, mas converter renda mineral em capacidades permanentes.

A Noruega também ensina que soberania não é improviso. Ela exige Estado tecnicamente competente, regras estáveis e transparência. A criação de um marco brasileiro deve evitar tanto o extrativismo predatório quanto a paralisia burocrática. O país precisa de uma instituição nacional capaz de classificar minerais críticos, definir prioridades, negociar contratos, fiscalizar obrigações downstream e proteger o interesse público sem afastar investimento.

Chile: lítio, controle estatal e limites da captura de valor

O Chile é um caso indispensável porque trata o lítio como recurso estratégico e organiza sua exploração por contratos especiais e participação estatal. A experiência mostra virtudes e limites. De um lado, o Estado chileno retém titularidade e poder de negociação, obtendo receitas relevantes de empresas como SQM e Albemarle. De outro, a captura de valor ainda é concentrada na etapa extrativa, com desafios para desenvolver baterias, cátodos, tecnologia e indústria associada.

Informações institucionais recentes registram que apenas SQM e Albemarle extraem lítio no Chile e que o governo retém propriedade sobre os recursos, exigindo contratos especiais ou parcerias com o Estado para exploração legal. A Estratégia Nacional do Lítio de 2023 reforçou a centralidade estatal e a abertura controlada a parcerias público-privadas (U.S. COMMERCIAL SERVICE, 2026).

A principal lição chilena é que controle estatal do recurso é condição necessária, mas insuficiente. Sem indústria downstream, parte substancial do valor migra para países que produzem células, baterias, veículos e sistemas de armazenamento. O Chile está tentando corrigir esse problema, mas enfrenta limitações de escala industrial, tecnologia e integração regional. O Brasil deve observar esse caso para não repetir um modelo de soberania incompleta.

Para o Brasil, o lítio chileno e as terras raras chinesas representam dois polos. A China mostra integração vertical e política industrial profunda; o Chile mostra controle estatal do recurso com captura parcial de renda; a Noruega mostra gestão intergeracional; o Japão mostra soberania tecnológica; os Estados Unidos mostram segurança nacional e inovação; a Austrália mostra mineração avançada com transição para refino. O modelo brasileiro deve combinar essas lições.

Brasil: base constitucional e vazio estratégico

A Constituição brasileira oferece fundamentos fortes para um marco de minerais críticos. O art. 20, IX, estabelece que os recursos minerais pertencem à União. O art. 176 dispõe que jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União, assegurada ao concessionário a propriedade do produto da lavra. A pesquisa e a lavra dependem de autorização ou concessão da União, no interesse nacional. O art. 174 confere ao Estado papel de agente normativo e regulador da atividade econômica, com funções de fiscalização, incentivo e planejamento. Os arts. 218 e 219 autorizam políticas de ciência, tecnologia, inovação e fortalecimento do mercado interno como patrimônio nacional.

Esse conjunto permite um desenho robusto: a União não precisa estatizar todos os operadores para exercer soberania. Pode declarar determinados minerais como críticos, estabelecer regimes contratuais especiais, condicionar exportações de concentrado, exigir beneficiamento progressivo, criar metas de P&D, instituir estoque estratégico, promover compras públicas, financiar plantas-piloto e negociar parcerias tecnológicas com aliados. A chave é transformar autorização minerária em instrumento de política industrial.

O Brasil possui reservas e ocorrências relevantes de minerais críticos, inclusive nióbio, lítio, grafite, terras raras, níquel, manganês e outros. Contudo, em muitos segmentos permanece preso a uma lógica primário-exportadora. A experiência do nióbio mostra que liderança mineral pode gerar posição relevante, mas a pergunta estratégica continua: quanto da cadeia de valor de ligas avançadas, supercondutores, baterias, motores, equipamentos médicos e defesa é internalizada? Sem downstream, a renda mineral é menor e a vulnerabilidade tecnológica permanece.

O marco legislativo deve ser construído como política de Estado, não como reação conjuntural. Minerais críticos exigem horizontes de 10 a 30 anos. A abertura de minas, plantas químicas, laboratórios, cadeias de fornecedores, formação de engenheiros e certificações ambientais não ocorre em ciclos eleitorais curtos. Por isso, a governança precisa ser estável, com conselho nacional, agência técnica, fundo financeiro e metas revisáveis.

Países importantes e modelos de sucesso: síntese comparada

País	Recurso/cadeia relevante	Modelo de soberania	Lição para o Brasil
China	Terras raras, grafite, tungstênio, ímãs, baterias e manufatura verde	Controle estatal, consolidação empresarial, política industrial e integração vertical	Soberania mineral só vira poder quando domina refino, ligas, componentes e produtos finais.
Japão	Ímãs, patentes, redução de disprósio, financiamento externo	Soberania tecnológica e financeira sem base mineral relevante	Criar capacidade tecnológica e contratos de suprimento pode reduzir vulnerabilidade geológica.
Austrália	Terras raras, lítio, níquel, mineração avançada	Licenciamento competitivo, segurança jurídica e alianças estratégicas	Mineração forte precisa avançar para processamento doméstico e contratos de longo prazo.
Noruega	Petróleo e gás; gestão da renda de recursos	Licenciamento, tributação, participação estatal e fundo soberano	Renda mineral deve financiar futuro, ciência, transição e equidade intergeracional.
Chile	Lítio e salares estratégicos	Propriedade estatal e contratos especiais com empresas	Controle do recurso sem downstream gera captura parcial de valor.
Estados Unidos	Mountain Pass, defesa, P&D, tecnologias críticas	Segurança nacional, inovação, compras públicas e política industrial seletiva	Reconstruir cadeias exige Estado indutor, não apenas mercado.

Brasil	Nióbio, lítio, terras raras, grafite, níquel e potencial diversificado	Titularidade constitucional da União; política industrial ainda insuficiente	Criar modelo híbrido: domínio público, concorrência regulada e cadeia tecnológica nacional.
--------	--	--	---

Proposta institucional: modelo brasileiro de soberania com concorrência regulada

O modelo recomendado não é estatização integral. Também não é livre exploração sem contrapartidas. Propõe-se um regime híbrido com seis pilares: dominialidade pública, planejamento estratégico, concorrência regulada, agregação de valor, tecnologia nacional e sustentabilidade. A União conserva o controle soberano do recurso; empresas públicas, privadas ou mistas competem pela exploração; e os contratos impõem obrigações proporcionais de beneficiamento, rastreabilidade e inovação. Isso assegura não somente segurança e valor, mas um caráter estratégico em um mundo dominado por guerras e voracidade de antigos hegemons de canibalizar recursos do sul global sem contrapartida.

Primeiro, a lei deve criar uma Lista Nacional de Minerais Críticos e Estratégicos, revisada periodicamente por critérios técnicos: relevância para defesa, energia, saúde, semicondutores, indústria digital, transição climática, risco de suprimento, concentração internacional, baixa substituíbilidade e potencial brasileiro. A lista deve produzir efeitos jurídicos concretos: prioridade de licenciamento, exigências especiais, acesso a financiamento, restrições à exportação em bruto quando houver capacidade doméstica e monitoramento de investimentos estrangeiros.

Segundo, deve instituir Contratos Especiais de Exploração de Minerais Críticos. Esses contratos não eliminam a concorrência; ao contrário, organizam leilões, chamadas públicas ou autorizações com critérios de mérito técnico, capacidade financeira, plano de beneficiamento, compromisso ambiental, transferência tecnológica e integração com centros brasileiros. O vencedor não deve ser apenas quem paga mais, mas quem demonstra maior capacidade de gerar valor nacional.

Terceiro, o regime deve prever obrigações progressivas de cadeia. No início, pode-se exigir concentração e separação parcial; em fases posteriores, óxidos separados, metais, ligas, ímãs ou componentes. Essas obrigações devem ser calibradas por mineral e por viabilidade, evitando metas impossíveis. O objetivo é criar uma curva de aprendizagem nacional, não paralisar projetos.

Quarto, a lei deve criar um Fundo de Soberania Mineral e Tecnologia Crítica⁴, alimentado por parcela de CFEM (Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais), bônus de assinatura, royalties adicionais de minerais críticos, dividendos de participações públicas e recursos orçamentários. O fundo financiaria plantas-piloto, laboratórios, bolsas, infraestrutura, recuperação ambiental, estoques estratégicos e participação em projetos no exterior. O desenho deve seguir inspiração norueguesa: governança profissional, transparência, regras de gasto e finalidade intergeracional.

Quinto, o Brasil deve criar uma política nacional de estoques estratégicos e compras públicas. Defesa, energia, saúde, telecomunicações e infraestrutura digital precisam mapear componentes críticos. Estoques não substituem produção, mas compram tempo em crises. Compras públicas de inovação podem estimular ímãs, motores, baterias, sensores, catalisadores e materiais avançados produzidos no país.

Sexto, a regulação deve incluir rastreabilidade socioambiental. Terras raras e minerais críticos podem gerar impactos severos por uso de químicos, rejeitos, radioatividade associada e consumo de água. Uma política de soberania não pode repetir o erro de exportar poluição para regiões vulneráveis. O Brasil deve transformar padrão ambiental elevado em vantagem competitiva, oferecendo minerais rastreáveis, limpos e socialmente legítimos. Uma segunda rastreabilidade ou negativa de o minério ser usado para guerra é bem útil, uma vez que o estado brasileiro por seu caráter pacífico constitucionalmente previsto não deve ajudar ou financiar guerras e armamento (até contra si próprio).

Política ambiental, social e climática: condição de legitimidade

Uma política de minerais críticos não pode ser construída contra a agenda ambiental. Ao contrário, deve demonstrar que a transição energética não pode reproduzir padrões extrativistas predatórios. Abraham (2015) chama atenção para o paradoxo dos metais raros: são fundamentais para tecnologias verdes, mas sua produção pode exigir grande quantidade de energia, químicos e processos ambientalmente intensivos. Se o Brasil pretende ocupar posição qualificada nessa cadeia, deve fazê-lo com padrão ambiental superior, rastreabilidade e controle de rejeitos.

⁴ A proposta contempla a criação de um Fundo de Soberania Mineral e Tecnologia Crítica, destinado a converter a renda derivada da exploração mineral em capacidade produtiva, científica e estratégica. O fundo seria alimentado por múltiplas fontes, incluindo parcela da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) — equivalente aos royalties da mineração —, bônus de assinatura, receitas adicionais associadas a minerais críticos, dividendos de participações estatais e aportes orçamentários. Seus recursos seriam direcionados ao financiamento de plantas-piloto de refino, infraestrutura tecnológica, pesquisa científica, formação de capital humano, estoques estratégicos, recuperação ambiental e participação em projetos internacionais. O desenho institucional deve inspirar-se em modelos consolidados de gestão intergeracional de recursos naturais, como o norueguês, assegurando governança profissional, transparência, disciplina fiscal e orientação de longo prazo.

A licença social é parte da soberania. Comunidades afetadas por mineração, povos indígenas, populações tradicionais e municípios mineradores precisam ser incorporados em processos de consulta, compensação e planejamento. A política de minerais críticos deve evitar a criação de zonas de sacrifício em nome da transição energética global. Não há soberania nacional legítima quando a captura de valor externo se faz pela transferência interna de danos ambientais e sociais.

Isso implica exigir avaliação ambiental estratégica para corredores minerais críticos, planos de fechamento de mina, gestão de rejeitos com padrões reforçados, monitoramento hídrico, transparência de substâncias químicas usadas na separação, controle de radioatividade associada e publicação de dados. A vantagem comparativa brasileira deve ser combinar recurso, biodiversidade, energia renovável e legitimidade socioambiental.

Financiamento, inovação e compras públicas

Projetos de minerais críticos são intensivos em capital, tecnologia e tempo. O setor privado tende a subinvestir em etapas de maior risco, especialmente separação química, plantas-piloto e materiais avançados, porque os retornos são incertos e a concorrência chinesa pode pressionar preços. Por isso, instrumentos públicos são indispensáveis. A questão não é subsidiar qualquer projeto, mas financiar gargalos estratégicos.

O BNDES, a FINEP, a EMBRAPPI e fundos setoriais podem estruturar linhas específicas para minerais críticos. O financiamento deve ser condicionado a metas mensuráveis: produção de óxidos separados, desenvolvimento de ligas, patentes, formação de engenheiros, acordos com universidades, plantas-piloto e fornecimento a cadeias nacionais. Incentivos sem contrapartida tecnológica reproduzem dependência.

Compras públicas também são essenciais. O Estado brasileiro compra equipamentos de defesa, saúde, energia, telecomunicações e infraestrutura. Pode criar demanda inicial para componentes produzidos com materiais críticos nacionais, desde que respeite padrões técnicos e competição. Sem compradores sofisticados, a indústria nascente não atravessa o vale entre laboratório e escala industrial.

Riscos e salvaguardas

Um marco legislativo forte precisa prever riscos. O primeiro é a captura regulatória: empresas podem usar o discurso da soberania para obter subsídios sem entregar tecnologia. A resposta é condicionar incentivos a metas verificáveis, auditorias independentes e cláusulas de reversão. O segundo é o nacionalismo retórico sem capacidade técnica. A resposta é investir em formação, laboratórios, instituições e cooperação internacional.

O terceiro risco é afastar investimento por excesso de incerteza. A solução não é desregular, mas dar previsibilidade: regras claras, cronogramas de obrigações, critérios técnicos, estabilidade contratual e arbitragem especializada. O quarto risco é repetir passivos ambientais. A política deve exigir estudos rigorosos, tecnologia limpa, gestão de rejeitos, transparência e consulta às comunidades.

O quinto risco é confundir minerais críticos com qualquer projeto minerário. A classificação deve ser técnica e limitada. Nem todo mineral é estratégico; nem toda jazida justifica regime especial; nem toda restrição exportadora é inteligente. O regime deve ser seletivo, proporcional e orientado a cadeias efetivamente relevantes para o desenvolvimento nacional.

Roteiro de implementação em dez anos

Fase	Horizonte	Medidas prioritárias
Fase 1	0-2 anos	Lista nacional de minerais críticos; conselho interministerial; mapeamento de cadeias; regras de contratos especiais; seleção de projetos-piloto; inventário de dependências em defesa, energia e saúde.
Fase 2	2-5 anos	Plantas-piloto de separação; linhas BNDES/FINEP; estoque estratégico inicial;

		acordos com universidades; leilões com obrigações downstream; rastreabilidade socioambiental.
Fase 3	5-10 anos	Produção doméstica de óxidos separados; ligas e ímãs em escala; integração com veículos elétricos, energia e defesa; fundo soberano mineral; acordos internacionais de suprimento e tecnologia.

Valor em implemento PIB brasileiro com uma cadeia completa de terras raras em 30 anos

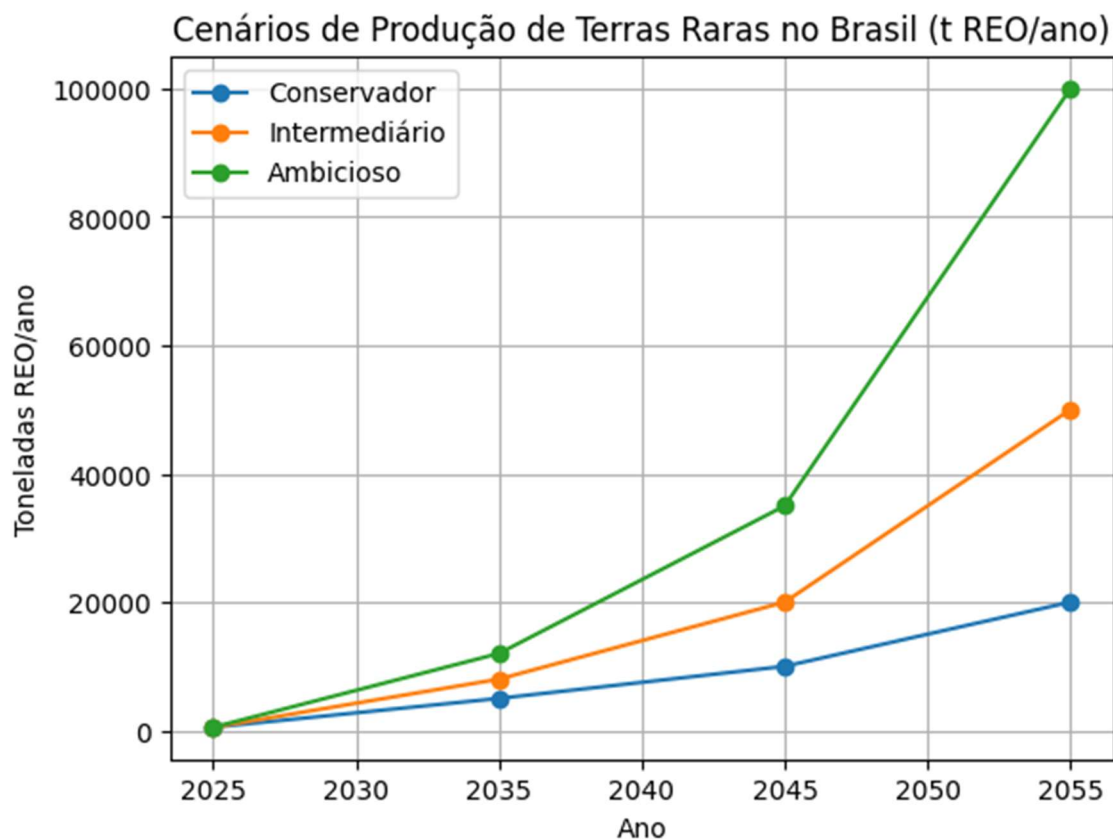
Para mensurar cientificamente o “incremento no PIB brasileiro” de uma cadeia completa de terras raras o mais correto é construir um modelo por cenários, separando mineração, separação/refino, ligas, ímãs/componentes e aplicações finais.

O Brasil tem base geológica relevante: o USGS estima reservas brasileiras de terras raras em 21 milhões de toneladas de REO, a segunda maior reserva reportada depois da China; porém a produção brasileira em 2024 foi de apenas 20 toneladas, enquanto a China produziu 270 mil toneladas e os EUA 45 mil toneladas. Isso mostra que o potencial brasileiro não está em “ter reserva”, mas em transformar reserva em produção industrial e valor agregado.

A fórmula básica seria: PIB adicional em 30 anos = valor adicionado direto da cadeia + valor adicionado indireto + valor induzido + ganhos de produtividade/exportação – importações de insumos – custos ambientais e fiscais.

Em termos práticos, primeiramente se deveria medir a base mineral real brasileira⁵. Segundo construir cenários de produção. Exemplo científico simples:

⁵ Use USGS, ANM, SGB/CPRM e relatórios das empresas para separar reservas totais, recursos inferidos, teor de óxidos, proporção de terras raras leves e pesadas, e viabilidade econômica. Não basta dizer “21 milhões de toneladas”: é preciso saber quanto é neodímio, praseodímio, disprósio e térbio, porque são eles que puxam a cadeia de ímãs permanentes. A aquisição anunciada da Serra Verde pela USA Rare Earth mostra justamente o valor estratégico do depósito brasileiro Pela Ema por conter terras raras



Esses cenários devem ser comparados com a produção mundial atual: 390 mil toneladas de REO em 2024. Assim, 50 mil toneladas/ano colocariam o Brasil em posição próxima ao nível atual dos EUA; 100 mil toneladas/ano tornariam o país um ator sistêmico, ainda abaixo da China atual, mas relevante para cadeias ocidentais.

Por último devemos calcular valor adicionado por etapa da cadeia. A mineração sozinha gera pouco PIB comparada ao downstream. O salto de valor está no processamento e na manufatura. A cadeia deve ser modelada assim:

Etapa	Produto	Valor econômico relativo	Como medir
1	minério/concentrado	baixo	receita da mina menos insumos
2	óxidos separados	médio	preço por óxido + margem industrial
3	metais e ligas	médio-alto	valor adicionado metalúrgico

pesadas como disprósio e térbio; a operação foi anunciada por US\$ 2,8 bilhões e prevê capacidade plena de 6.400 toneladas anuais até 2027, segundo Reuters.

Etapa	Produto	Valor econômico relativo	Como medir
4	ímãs permanentes	alto	preço/kg de magnetos + empregos qualificados
5	motores, turbinas, defesa, eletrônicos	muito alto	valor adicionado industrial completo

Essa lógica está principalmente descrita por Gholz. Nesta obra ele descreve que o minério vira óxidos, depois metais, ligas, componentes como ímãs e finalmente bens como geradores, motores e lasers; e observa que a produção de terras raras depende mais de engenharia química do que de mineração bruta. Seaman mostra que a China buscou exatamente nacionalizar grande parte da cadeia de valor dos setores estratégicos, não apenas extrair terras raras.

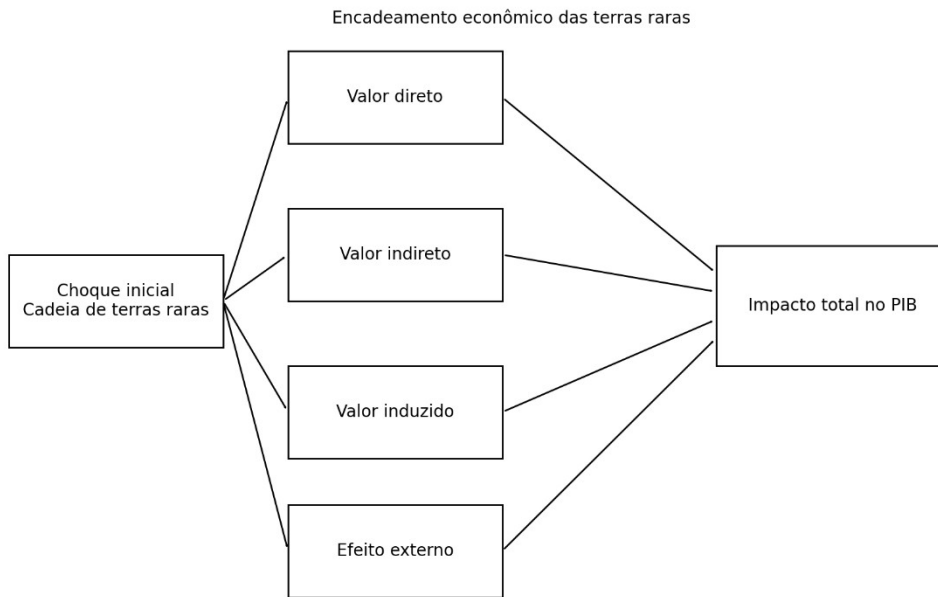
O cálculo deve usar para ser aprimorado a Matriz Insumo-Produto do IBGE⁶. Ele implica estimar o choque de investimento e produção nos setores “indústrias extrativas”, “química”, “metalurgia”, “máquinas e equipamentos”, “material elétrico”, “veículos”, “defesa” e “serviços

⁶ A Matriz Insumo-Produto do IBGE permite medir como um investimento em terras raras se espalha pela economia. A ideia é simples: quando o Brasil investe em mineração, refino, metalurgia, ímãs e produtos tecnológicos, o impacto não fica apenas nessas empresas. Ele se propaga para fornecedores, trabalhadores, exportações e substituição de importações. O cálculo deve separar quatro efeitos:

1. Valor direto: é o PIB gerado pelas empresas diretamente envolvidas na cadeia de terras raras — mineração, separação química, refino, metalurgia, fabricação de ligas, ímãs, motores e componentes.
2. Valor indireto: é o PIB gerado pelos fornecedores dessas empresas — energia elétrica, reagentes químicos, transporte, engenharia, máquinas, manutenção, construção industrial, serviços ambientais e logística.
3. Valor induzido: é o efeito do aumento de salários e empregos. Trabalhadores contratados pela cadeia e por seus fornecedores passam a consumir mais bens e serviços, gerando renda em comércio, habitação, alimentação, saúde, educação e serviços locais.
4. Efeito externo: mede o ganho líquido com exportações e substituição de importações. Se o Brasil deixa de importar ímãs, motores ou componentes e passa a produzir internamente, há ganho de PIB. Se além disso exporta produtos de maior valor agregado, o impacto cresce.

Formulação simples: Impacto total no PIB = valor direto + valor indireto + valor induzido + exportações líquidas/substituição de importações

tecnológicos”.



A comparação de valores de casos internacionais também deve comprovar esta estimativa. E ela pressupõe não somente ganhos de PIB, mas ganhos no Soft Power em diplomacia etc.

A China serve como caso de cadeia completa: domina extração, refino, ligas, ímãs e manufatura verde. Seaman registra que a China não é apenas produtora: ela consome mais de 80% dos óxidos de terras raras produzidos globalmente, o que revela escala industrial doméstica.

O Japão serve como caso de soberania tecnológica: após 2010, reduziu demanda, reciclou, inovou e financiou suprimento externo. Gholz e Hughes mostram que a demanda japonesa caiu 20,9% de 2010 para 2011 e mais 31,4% de 2011 para 2012, demonstrando adaptação tecnológica. A Austrália serve como caso de mineração segura com refino parcial; a Noruega como modelo de captura pública da renda via fundo soberano; e o Chile como advertência de que controlar recurso, sem cadeia downstream, captura apenas parte do valor.

Como uma análise preliminar de todos os cenários, e considerando que o PIB brasileiro em 2025 foi de R\$ 12,7 trilhões, segundo o IBGE, um exercício defensável seria estimar três faixas de impacto anual ao final de 30 anos:

Cenário 2046 Cadeia construída

Impacto anual plausível no PIB

Conservador mineração + parte do refino

0,05% a 0,15% do PIB

Cenário 2046 Cadeia construída

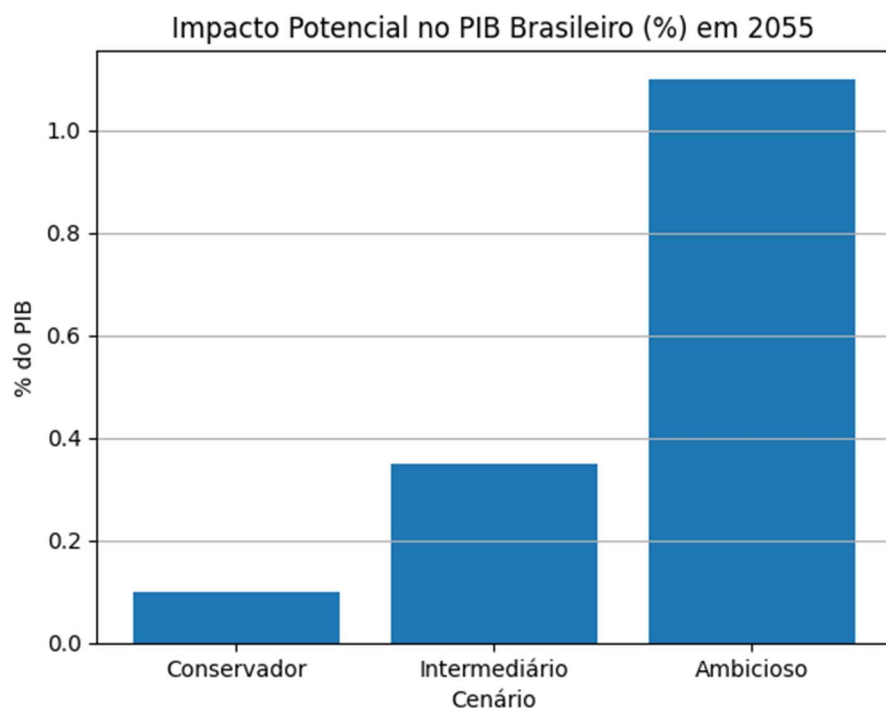
Impacto anual plausível no PIB

Intermediário mineração + refino + ligas + alguns ímãs

0,2% a 0,5% do PIB

Ambicioso cadeia completa com ímãs, motores, baterias, defesa e exportação

0,7% a 1,5% do PIB



Em valores de referência sobre o PIB de 2025, isso significaria aproximadamente:

0,1%	do	PIB	=	R\$	12,7	bilhões/ano;
0,5%	do	PIB	=	R\$	63,5	bilhões/ano;
1,0%	do	PIB	=	R\$	127	bilhões/ano;

1,5% do PIB = R\$ 190,5 bilhões/ano.⁷

O impacto potencial de uma cadeia completa de terras raras sobre o PIB brasileiro deve ser estimado por cenários de valor adicionado, e não pela simples multiplicação das reservas pelo preço internacional. A métrica adequada combina reservas economicamente recuperáveis, produção anual projetada, composição mineralógica, grau de internalização das etapas de refino e

⁷ Tais valores não devem ser apresentados como previsão fechada. Devem ser apresentados como resultado de cenários, dependentes de capacidade industrial, preço internacional, teor dos depósitos, custos ambientais, energia, demanda global e política pública

manufatura, coeficientes da matriz insumo-produto do IBGE, substituição de importações, exportações líquidas e externalidades ambientais. Considerando a reserva brasileira reportada pelo USGS, a produção ainda incipiente e a experiência comparada de China, Japão, Austrália, Chile, Noruega e Estados Unidos, a construção de uma cadeia integrada poderia representar, em horizonte de 30 anos, desde um impacto modesto, inferior a 0,2% do PIB, até um impacto estratégico superior a 1% do PIB anual, caso o país domine refino, ligas, ímãs, motores e aplicações tecnológicas de alto valor agregado. Isso é cientificamente defensável porque não promete milagre. Mostra que a mineração pura quase não muda o PIB; a cadeia completa, sim.

A estimativa de impacto das terras raras em até 1% a 1,5% do PIB não representa substituição da mineração tradicional, mas acréscimo estrutural decorrente da construção de uma nova cadeia industrial de alto valor agregado. Diferentemente do minério de ferro, cujo peso decorre da escala e volume, as terras raras operam por intensidade tecnológica, sendo capazes de gerar efeitos econômicos qualitativamente superiores ao longo do tempo.

Com uma cadeia consolidada o valor de mais valia agregado ao PIB pode se igualar aos valores de 4% a 6% que atualmente as exportações de commodities em natura podem oferecer, mas com um fluxo extraordinário de industrialização e criação de mercado de trabalho internos.

Terras Raras e minerais críticos como estratégia de Defesa Nacional

A reconfiguração contemporânea das cadeias globais de suprimento de minerais críticos e terras raras insere-se em um contexto de crescente instrumentalização geopolítica dos recursos naturais, especialmente no âmbito das disputas tecnológicas e militares entre grandes potências. Diante das transformações recentes nos conflitos armados, a tecnologia supera elementos tradicionais de defesa, como a mera posse de caças de última geração ou porta-aviões. Drones, sistemas satelitais e inteligência estratégica baseada em recursos críticos passam a constituir os pilares centrais da defesa nacional, inclusive para países não hegemônicos.

Nesse cenário, a política adotada pela China de restrição e controle das exportações de minerais estratégicos — formalizada, entre outros instrumentos, pela Export Control Law of the People's Republic of China — evidencia a centralidade desses insumos na arquitetura contemporânea da segurança internacional. Tal normativa estabelece mecanismos amplos de controle sobre a exportação de bens considerados sensíveis, incluindo tecnologias e materiais de dupla utilização civil-militar, permitindo ao Estado modular fluxos comerciais conforme seus interesses estratégicos.

A partir dessa inflexão, terras raras deixam de ser compreendidas como simples commodities minerais e passam a integrar o núcleo das infraestruturas críticas de defesa, energia e inovação tecnológica. Esses elementos são indispensáveis à produção de sistemas avançados, tais como

semicondutores, satélites, drones, radares, sistemas de guiagem, baterias de alta performance e ímãs permanentes utilizados em turbinas eólicas e equipamentos militares. Trata-se, portanto, de uma dimensão material da soberania tecnológica, na qual o domínio sobre cadeias produtivas completas — da extração ao processamento e à manufatura — constitui vetor determinante de poder estatal.

O Brasil emerge como ator potencialmente relevante, dada sua expressiva dotação de recursos minerais estratégicos. Contudo, a mera inserção como fornecedor de matéria-prima bruta reproduz padrões históricos de dependência e limita a captura de valor agregado, perpetuando uma posição periférica na divisão internacional do trabalho. A estratégia nacional, nesse sentido, deve orientar-se pela superação do modelo extrativista-exportador, adotando uma abordagem integrada de segurança nacional, desenvolvimento industrial e soberania tecnológica.

A incorporação dos minerais críticos à lógica da defesa nacional⁸ implica sua qualificação como ativos estratégicos, vinculando sua exploração e uso aos objetivos definidos pela política de defesa e pela estratégia nacional de desenvolvimento. Isso requer a implementação de políticas de beneficiamento interno obrigatório, de modo a assegurar que etapas essenciais da cadeia produtiva — como refino, separação química, metalurgia e fabricação de componentes — sejam realizadas em território nacional. Tal diretriz permite não apenas ampliar a captura de valor econômico, mas também reduzir vulnerabilidades externas em setores sensíveis.

Adicionalmente, a atração de investimento estrangeiro deve estar condicionada a cláusulas robustas de transferência tecnológica, formação de capital humano e estabelecimento de centros de pesquisa e desenvolvimento no país. A experiência internacional demonstra que a simples abertura ao capital externo, desacompanhada de mecanismos regulatórios estratégicos, tende a consolidar assimetrias tecnológicas e a limitar o desenvolvimento endógeno.

Outro eixo fundamental consiste na constituição de reservas estratégicas nacionais de minerais críticos, à semelhança das reservas de petróleo, como instrumento de mitigação de riscos associados a interrupções nas cadeias globais de suprimento. Tal medida adquire especial relevância em um cenário de crescente instabilidade geopolítica, no qual restrições comerciais e sanções econômicas podem comprometer o acesso a insumos essenciais.

Paralelamente, a exploração desses recursos deve ser compatibilizada com a proteção da integridade territorial, ambiental e sociocultural, especialmente na região amazônica e em territórios indígenas. A ausência de salvaguardas adequadas pode converter a riqueza mineral em fator de instabilidade interna e de contestação internacional, fragilizando a própria noção de segurança nacional.

⁸ Lembramos que nossa indústria bélica já foi maior. Hoje a Avibras que é a única indústria de balística de médio alcance luta pra sua sobrevivência, o que deveria a inserir num roteiro de cadeia completa de terras raras, tão essenciais aos mísseis.

Por fim, a governança dos minerais críticos demanda a criação de uma instância interministerial capaz de articular políticas industriais, científicas, ambientais, diplomáticas e de defesa. Tal arranjo institucional é indispensável para garantir coerência estratégica e evitar a fragmentação decisória.

Diante da crescente rivalidade entre EUA e China no domínio das cadeias de valor de alta tecnologia, o Brasil encontra-se diante de uma oportunidade histórica de reposicionamento. A adoção de uma estratégia nacional orientada à soberania tecnológica permitirá ao país transcender o papel de fornecedor de insumos primários, afirmando-se como ator relevante na nova geopolítica dos recursos estratégicos.

Minuta conceitual de dispositivos legislativos

Art. 1º. Esta Lei institui a Política Nacional de Minerais Críticos e Estratégicos, destinada a assegurar a soberania mineral, a segurança de suprimento, a agregação de valor, a transição energética, a defesa nacional, a inovação tecnológica e o desenvolvimento sustentável.

Art. 2º. Consideram-se minerais críticos e estratégicos aqueles cuja disponibilidade, processamento ou aplicação seja essencial à segurança nacional, à infraestrutura energética, à saúde, à defesa, à indústria digital, à transição climática ou à competitividade econômica, e cuja cadeia apresente risco relevante de suprimento, concentração internacional, baixa substituíbilidade ou dependência tecnológica.

Art. 3º. A União manterá cadastro e lista nacional de minerais críticos e estratégicos, revisada periodicamente por órgão técnico interministerial, com participação da agência reguladora, comunidade científica, setor produtivo e órgãos ambientais.

Art. 4º. A pesquisa e a lavra de minerais críticos poderão ser submetidas a Contrato Especial de Exploração, com cláusulas de beneficiamento progressivo, rastreabilidade, transferência tecnológica, conteúdo nacional quando viável, proteção ambiental, segurança de suprimento e preferência para abastecimento de cadeias produtivas nacionais em situações de risco.

Art. 5º. Fica instituído o Fundo de Soberania Mineral e Tecnologia Crítica, destinado a financiar pesquisa, desenvolvimento, inovação, plantas-piloto, formação de recursos humanos, estoques estratégicos, recuperação ambiental, infraestrutura e participação pública em projetos considerados estratégicos.

Art. 6º. O Poder Executivo poderá instituir estoques estratégicos de minerais críticos, óxidos, metais, ligas, ímãs, catalisadores ou componentes, observados critérios técnicos de risco de suprimento, defesa nacional, transição energética e custo de manutenção.

Art. 7º. A exportação de minério bruto ou concentrado de minerais críticos poderá ser condicionada a plano de agregação de valor ou a autorização específica quando houver risco ao interesse nacional, respeitados os compromissos internacionais do Brasil e critérios de proporcionalidade, transparência e não discriminação arbitrária.

Parágrafo único A Critério de decisão soberana do congresso a exportação para fins militares poderá ser vedada permanente ou temporariamente.

Art. 8. Em caso de declaração de guerra contra Brasil ou ameaça análoga, as reservas soberanas de minerais críticos e terras raras poderão ter sua exportação suspensa ou temporariamente interrompida, a critério da Presidência da República.

Conclusão

A literatura e os casos comparados conduzem a uma conclusão robusta: soberania mineral não é sinônimo de lavra estatal, mas de capacidade pública de orientar o destino econômico de recursos estratégicos. A China demonstra a força da integração vertical; o Japão, a soberania tecnológica; a Austrália, a importância da segurança jurídica; a Noruega, a captura intergeracional da renda; o Chile, os limites do controle sem downstream; e os Estados Unidos, a centralidade da inovação e da segurança nacional.

O Brasil dispõe de base constitucional para uma política ambiciosa. O que falta é converter essa base em arquitetura institucional. Uma lei de minerais críticos deve articular União, estados, universidades, empresas, agências, Forças Armadas, BNDES, FINEP e indústria. Deve promover concorrência, mas não ingenuidade; investimento privado, mas não exportação primária sem contrapartidas; proteção ambiental, mas não paralisia; abertura internacional, mas não dependência tecnológica.

O objetivo final é simples e profundo: impedir que o Brasil seja apenas território colonial de extração e transformá-lo em país capaz de refinar, inovar, fabricar e decidir. Essa é a verdadeira soberania mineral na era das terras raras.

Dra Luciana Bauer.

Doutora em Ciência Jurídica pela Widener University e Univali

Dr. Pedro da Costa Junior.

Doutor em Ciência Política pela USP

Referências

- ABRAHAM, David S. *The Elements of Power: Gadgets, Guns, and the Struggle for a Sustainable Future in the Rare Metal Age*. New Haven: Yale University Press, 2015.
- BAUER, Luciana. *A Democracia Indiferente*. São Paulo: Kotter Editorial, 2025.
- BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.
- CHINA. Export Control Law of the People's Republic of China. Order of the President of the People's Republic of China n. 58, promulgated Oct. 17, 2020, effective Dec. 1, 2020. Beijing: National People's Congress, 2020.
- COSTA, Pedro. *EUA versus China: disputa geopolítica no século XXI*. São Paulo: Escuta, 2026.
- GHOLZ, Eugene. *Rare Earth Elements and National Security*. New York: Council on Foreign Relations, 2014.
- GHOLZ, Eugene; HUGHES, Llewelyn. Market structure and economic sanctions: the 2010 rare earth elements episode as a pathway case of market adjustment. *Review of International Political Economy*, 2019. DOI: 10.1080/09692290.2019.1693411.
- IBGE. *Matriz de insumo-produto Brasil 2015*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020.
- IEA. *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*. Paris: International Energy Agency, 2021.
- LEONTIEF, Wassily. *Input-Output Economics*. 2. ed. New York: Oxford University Press, 1986.
- MILLER, Ronald E.; BLAIR, Peter D. *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.
- NORUEGA. Ministry of Finance. *The Government Pension Fund*. Oslo: Government.no, 2025.
- NORWEGIAN PETROLEUM. *The government's revenues*. Oslo: Ministry of Energy; Norwegian Offshore Directorate, 2026.
- OECD. *Input-Output Tables: Methodology and Applications*. Paris: OECD Publishing, 2018.
- SEAMAN, John. *Rare Earths and China: A Review of Changing Criticality in the New Economy*. Notes de l'Ifri. Paris: Ifri, 2019.
- U.S. COMMERCIAL SERVICE. *Chile - Strategic Technologies: Mining Concession Projects*. Washington: International Trade Administration, 2026.

UNITED NATIONS. *Handbook on Input-Output Tables: Compilation and Analysis*. New York: United Nations, 2018.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. *Mineral Commodity Summaries 2025: Rare Earths*. Reston: USGS, 2025.