

ESTUDO DIRECIONADO: MEGATENDÊNCIAS MUNDIAIS E O SETOR MINERAL BRASILEIRO ATÉ 2050

SECRETARIA NACIONAL DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO
MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO PVO BRASILEIRO

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

SECRETARIA NACIONAL DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO E POLÍTICA MINERAL

**ESTUDO DIRECIONADO: MEGATENDÊNCIAS MUNDIAIS E O SETOR
MINERAL BRASILEIRO ATÉ 2050**

ESTUDO PARA O PLANO NACIONAL DE MINERAÇÃO 2050

2026

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Ana Paula Lima Vieira Bittencourt

Diretor do Departamento de Planejamento e Política Mineral

João Marcos Pires Camargo

Coordenadora-Geral de Planejamento Mineral

Mariana Clara de Freitas Fontinelli

Coordenadora-Geral de Economia Mineral

Patrícia da Silva Pego

Autoria

Pedro Eugenio de Lima - Departamento de Planejamento e Política Mineral

Como citar esse documento:

LIMA, Pedro Eugenio de. *Estudo direcionado: megatendências mundiais e o setor mineral brasileiro até 2050.* Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2026. 27 p. No texto: LIMA, 2026

Este documento foi elaborado no âmbito das atividades técnicas de apoio à revisão do Plano Nacional de Mineração 2050. As análises e interpretações apresentadas refletem o exercício técnico realizado pelo autor a partir das fontes consultadas e não constituem, isoladamente, manifestação normativa ou posição oficial do Ministério de Minas e Energia ou da Secretaria Nacional de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, devendo ser compreendidas como subsídio ao processo de revisão do Plano.

Sumário

Megatendências.....	1
I. Aceleração das transformações tecnológicas e da digitalização da economia e da sociedade.....	3
II. Intensificação das mudanças climáticas e dos eventos extremos.....	6
III. Valorização da sustentabilidade ambiental e transição energética.....	11
IV. Manutenção da globalização e da interdependência das cadeias globais de valor.....	16
V. Aumento da demanda e da competição por recursos naturais.....	20
Conclusão.....	26

MEGATENDÊNCIAS

Entendidas como movimentos com elevado poder de impacto e capacidade de transformação na economia e na sociedade, as Megatendências irradiam efeitos sobre tendências setoriais específicas e, por se tratar de instrumento de planejamento de longo prazo (horizonte de 25 anos), devem ser consideradas no ambiente decisório e na elaboração do Plano Nacional de Mineração 2050.

Neste anexo realizou-se uma análise holística do estudo "Megatendências Mundiais e Incertezas para o Brasil 2050"¹, buscando conectar os fatos apresentados por este e demais estudos direcionados à Estratégia Brasil 2050¹ com os estudos encomendados para a elaboração do PNM 2050 e executados pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), pela Fundação Gorceix, pelo Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA) e pela consultoria Deloitte, conforme as diretrizes do Plano.

Assim, são apresentadas análises direcionadas para o setor mineral considerando os principais canais de comunicação entre as megatendências globais e o setor mineral brasileiro, estabelecendo uma "ponte de análise" entre o panorama econômico-setorial da mineração brasileira e os cenários prospectivos para o setor apresentados no PNM 2050.

Abaixo são apresentadas, hierarquicamente, as 14 megatendências mundiais com impacto para o Brasil até 2050 mapeadas pelo MPO (Figura 1). Nas seções seguintes são listadas (sem ordenamento hierárquico) as megatendências com maior encadeamento com o setor de mineração, seus impactos para o setor mineral brasileiro, oportunidades estratégicas decorrentes, ações necessárias para a captura destas oportunidades e riscos e desafios identificados para o setor com relação a cada megatendência abordada.

¹ BRASIL, 2025. Disponível em: [Brasil 2050 — Ministério do Planejamento e Orçamento](#)

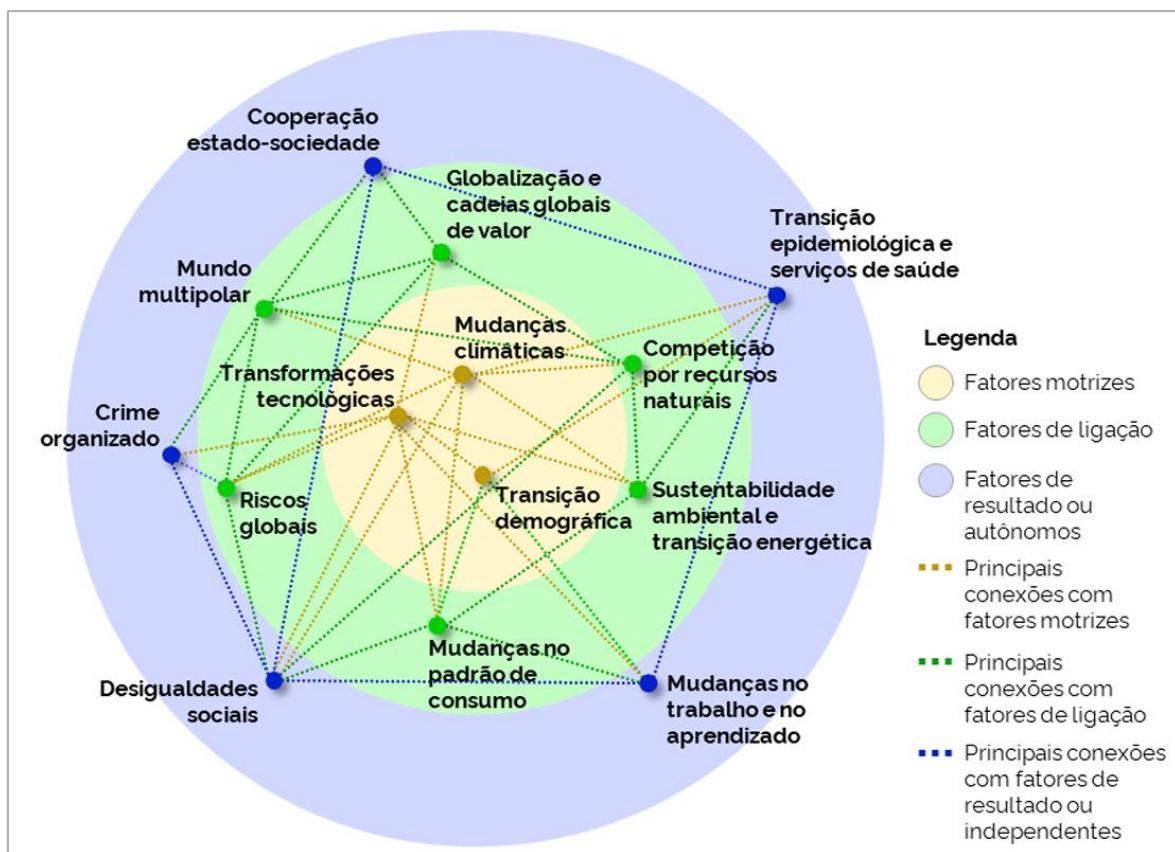


Figura 1 - Megatendências **motrizes** (com alto grau de influência sobre o conjunto das megatendências), de **ligação** (bastante influenciadoras, mas também influenciadas por outras megatendências), de **resultado** (pouco influenciadoras, mas que recebem muita influência das demais) e **autônomas** (com poucas conexões com as demais megatendências).

Fonte: BRASIL (2025). Ministério do Planejamento e Orçamento.

Para efeito de foco e materialidade, a partir do conjunto de 14 megatendências mapeadas pelo MPO, foram selecionadas aquelas com maior interface e efeito de encadeamento sobre o setor mineral considerando relevância setorial, intensidade dos canais de transmissão (tecnologia, clima, logística, mercado e regulação) e horizonte de impacto até 2050. Essa seleção não exclui a pertinência das demais megatendências, apenas organiza a leitura com foco setorial na mineração.

I. Aceleração das transformações tecnológicas e da digitalização da economia e da sociedade

Ancorada na crescente capacidade de processamento, no rápido e contínuo desenvolvimento de tecnologias de ponta – como Inteligência Artificial (IA), Robótica Avançada e Internet das Coisas (IoT) – e nos avanços enfreáveis na incorporação destas tecnologias ao cotidiano das sociedades e da indústria, a aceleração das transformações tecnológicas e digitais traz implicações decisivas para o setor mineral. Essa aceleração desencadeia uma série de fenômenos interligados, sintetizados no quadro abaixo, muitos dos quais se refletem no setor mineral de forma direta e indireta.

<u>ACELERAÇÃO DAS TRANSFORMAÇÕES TECNOLÓGICAS E DA DIGITALIZAÇÃO DA ECONOMIA E DA SOCIEDADE</u>	
FENÔMENOS ASSOCIADOS	<ul style="list-style-type: none"> 1. Aceleração do desenvolvimento e convergência de tecnologias; 2. Aumento da oferta de produtos de nanotecnologia, biotecnologia e engenharia elétrica; 3. Expansão de tecnologias da indústria 4.0 e 5.0; 4. Aumento da conectividade e disseminação da internet de alta velocidade (5G); 5. Intensificação da digitalização da economia e da sociedade; 6. Procura crescente com privacidade dos dados e a cibersegurança.
OPORTUNIDADES BRASIL	<ul style="list-style-type: none"> 1. Adoção de novas tecnologias nos setores público e privado para aprimorar produtos e serviços; 2. Aumento da produtividade, da redução de custos e da otimização do uso dos recursos; 3. Crescimento de startups de base tecnológica em diversos setores para oferta de produtos e serviços avançados; 4. Melhor aproveitamento da biodiversidade com a biorrevolução.
RISCOS BRASIL	<ul style="list-style-type: none"> 1. Persistência ou ampliação do gap tecnológico em relação a países desenvolvidos. 2. Perda de competitividade dos produtos de baixa complexidade tecnológica. 3. Dificuldade de inserção no mercado de trabalhadores pouco qualificados. 4. Elevação dos riscos de ataques cibernéticos, vazamento de dados e desafios de cibersegurança.

Figura 2 – Quadro síntese da megatendência de "Aceleração das transformações tecnológicas e da digitalização da economia e da sociedade" com fatores especialmente relevantes para o setor mineral destacados em **negrito**. Fonte: Elaboração própria com base em BRASIL (2025). Ministério do Planejamento e Orçamento.

No âmbito do setor mineral, a progressão mais clara dessa megatendência materializa-se em mineração 4.0 ao longo de toda a cadeia de valor (Figura 3): geologia de exploração e modelagem geológica utilizando ferramentas com IA e Machine Learning; realidade aumentada e gêmeos digitais nas fases de implantação, exploração e processamento; automação de lavra e planta; manutenção preditiva; centros de

operação remotos e sensoriamento remoto em tempo real utilizado nas fases de beneficiamento, fechamento de mina e no manejo de resíduos e de barragens de rejeito são alguns exemplos. Ao mesmo tempo, a eletrificação das frotas de maquinários pesados é impulsionada pela transição energética e blockchain surge como infraestrutura de rastreabilidade e conformidade nas exportações, registrando origem, teores, práticas ESG e logística, com contratos inteligentes que reduzem litígios e encurtam prazos.

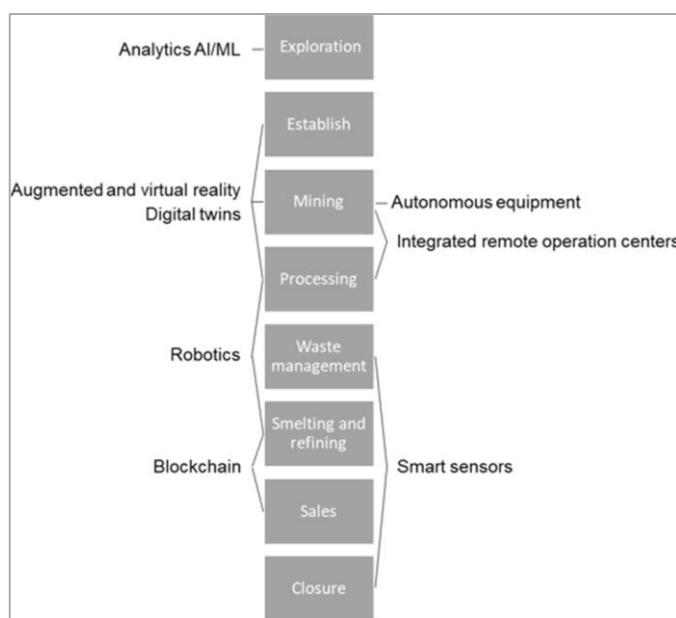


Figura 3 – Tecnologias de transformação digital nas diferentes etapas da cadeia de valor da mineração. Fonte: SÁNCHEZ (2020).

Avanços menos evidentes e temporalmente mais distantes, mas plausíveis no longo prazo, também irrompem: a conversão de pilhas de rejeito em sumidouros de carbono via biotecnologia; capacitações em protocolos de segurança com realidade virtual; novas possibilidades de uso de cavas de mineração no pós-fechamento, como sua utilização para armazenamento de energia através de processos gravitacionais; e a expansão da mineração urbana e da reciclagem de resíduos são alguns exemplos².

Despontam oportunidades para o Brasil na adoção de novas tecnologias no setor mineral, com efeitos diretos em produtividade, redução de custos e otimização do uso de recursos como energia, água, insumos diversos e capital. De maneira ampla,

² FTSG, 2025. Disponível em: <https://ftsq.com/trends/>

o desenvolvimento e a utilização destes vetores tecnológicos exigem investimentos consistentes em PD&I, programas de interoperabilidade e governança de dados e a expansão da cobertura de 5G no Brasil, especialmente nas regiões interiorizadas onde encontram-se grandes depósitos minerais. Além disso, o ecossistema de alta tecnologia no setor é sabidamente catalisado pelo estabelecimento de startups e empresas juniores – as quais são beneficiadas pela existência de fundos de capital de risco, hubs regionais e ambiente regulatório favorável – e dependentes da qualificação da força de trabalho em temáticas ligadas a *STEM* (ciência, tecnologia, engenharia e matemática), com requalificação contínua em áreas do conhecimento como geologia, métodos analíticos, engenharia de software e gestão de riscos. Para esse avanço, com o alicerce humano como pilar para a produtividade e competitividade de longo prazo, ações como o fortalecimento da educação, básica e superior, e incentivos a parcerias entre empresas, centros de pesquisa e universidades são primordiais.

Como consequência direta do crescimento de investimentos em PD&I, do estabelecimento de startups e da formação de um núcleo doméstico de capacidades tecnológicas (e, simultaneamente, como incentivo à adoção dessas medidas), observa-se o fortalecimento de encadeamentos locais, a agregação de valor aos produtos minerais brasileiros e a criação de mercados nacionais de serviços tecnológicos, ampliando a soberania científica e tecnológica do setor mineral nacional.

Por outro lado, persistem riscos relevantes: a ampliação do gap tecnológico frente a países líderes, caso a difusão seja lenta; a perda de competitividade de produtos de menor intensidade tecnológica em cadeias globais cada vez mais exigentes e disputadas; e a dificuldade de inserção de trabalhadores com baixa qualificação em operações automatizadas e de alta complexidade tecnológica são algumas das principais vulnerabilidades. No setor, a concretização de um cenário negativo leva a ganhos concentrados em poucos atores majoritariamente estrangeiros, mão de obra nacional substituída por alternativas estrangeiras mais qualificadas e segmentos tradicionais e empreendedores locais pressionados para fora do mercado por altos custos de transição tecnológica e por barreiras não tarifárias associadas a desempenho ESG.

II. Intensificação das mudanças climáticas e dos eventos extremos

A elevação da temperatura média global e o consequente número crescente de desastres geo-hidrológicos de alto impacto, acompanhados pela maior frequência de períodos de escassez hídrica, são alguns dos indicadores associados a esta Megatendência relacionada ao clima – tema central do debate geopolítico contemporâneo e que tende a assim permanecer até 2050 –, com desdobramentos diversos destacados no quadro-síntese abaixo (Figura 4).

INTENSIFICAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DOS EVENTOS EXTREMOS	
FENÔMENOS ASSOCIADOS	OPORTUNIDADES BRASIL
RISCOS BRASIL	
<ul style="list-style-type: none"> 1. Crise ecológica com a crescente emissão de GEE; 2. Elevação da temperatura média do planeta; 3. Intensificação dos eventos climáticos extremos; 4. Impactos crescentes nos ecossistemas, na segurança hídrica, alimentar e na saúde; 5. Impactos crescentes nas cidades, afetando as pessoas, os meios de subsistência e a infraestrutura; 6. Crescimento da migração de refugiados climáticos; 7. Valorização da sustentabilidade ambiental e transição energética. 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Papel de liderança na agenda ambiental global; 2. Avanço na definição de políticas integradas de conservação e desenvolvimento sustentável; 3. Atração de investimentos estrangeiros para proteger ecossistemas e controlar o desmatamento; 4. Aceleração da transição energética com investimento em fontes renováveis de energia.
<ul style="list-style-type: none"> 1. Impactos na produtividade agrícola e na segurança alimentar; 2. Degradação acelerada de ecossistemas sensíveis e perda de biodiversidade. 3. Eventos extremos urbanos (ondas de calor, enchentes, deslizamentos) que afetam populações vulneráveis. 4. Aumento das perdas humanas e dos custos para adaptação e mitigação dos danos. 	

Figura 4 – Quadro síntese da megatendência de “Intensificação das mudanças climáticas e dos eventos extremos” com fatores especialmente relevantes para o setor mineral destacados em **negrito**. Fonte: Elaboração própria com base em BRASIL (2025). Ministério do Planejamento e Orçamento.

O clima impacta o setor mineral por múltiplas vias: alterações em janelas de operação de minas, pressão em infraestruturas críticas (acessos, energia e água) e ampliação de custos de seguros e de capital são alguns exemplos cotidianos. Ao mesmo tempo, investidores, reguladores e a sociedade – frente à crescente preocupação global associada às mudanças climáticas – exigem inventários de emissões de CO₂, metas de descarbonização e gestão de riscos climáticos, físicos e de transição. Nesse contexto, a demanda global por diferentes minerais críticos (grande

gargalo mundial enfrentado hoje pela produção mineral mundial) cresce como subproduto da demanda por uma transição energética e da expansão dos mercados a ela associados, mas sob novas condicionantes: emissões de CO₂ e pegadas hídricas reduzidas, rastreabilidade e *due diligence* socioambiental.

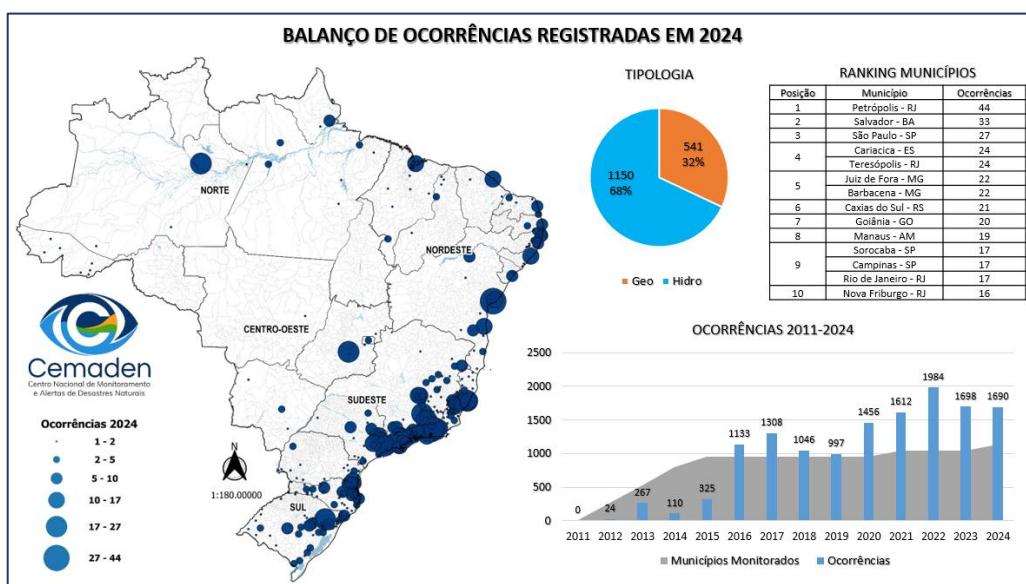
Cabe ressaltar neste contexto, no entanto, que o crescimento da demanda global por minerais-chave não se traduz automaticamente em maior demanda interna brasileira por estas substâncias e externa pelo produto mineral produzido no Brasil, o que reforça o caráter geopolítico dos minerais críticos e estratégicos, a necessidade de articulação internacional no planejamento do avanço setorial e a importância da construção de um mercado interno robusto para a utilização destas e de demais substâncias oriundas da mineração.

Não obstante, o fornecimento dos bens primários necessários para a transição energética global (cobre, níquel, lítio, grafita, ETRs, entre outros) destaca-se entre as oportunidades que tal cenário apresenta para o setor mineral brasileiro. A valorização desta transição – tida como peça central da mitigação das mudanças climáticas – abre espaço para portfólios de projetos de minerais-chave com maior conteúdo tecnológico e valor agregado na medida em que amplia mercados de geração, transmissão e armazenamento de energia renovável, reciclagem de resíduos urbanos, mobilidade elétrica, consultoria ESG, baterias e redes inteligentes. Nesse horizonte, o avanço de políticas integradas (com planejamento interfederativo, interministerial e interagências) no setor mineral pode destravar licenciamentos, normas e instrumentos de financiamento, solucionar gargalos de infraestrutura, padronizar métricas e reduzir custo de capital.

O “outro lado da moeda”, no entanto, é desafiador. Os efeitos da maior susceptibilidade à ocorrência de eventos extremos como chuvas intensas, que levam a enxurradas, enchentes e alagamentos – além de majorar a frequência de interrupções na produção – podem se materializar no setor mineral na forma de desastres associados a movimentos de massa gravitacionais (MMGs), como o rompimento de barragens de rejeito e deslizamentos em frentes de lavra. Eventos como os que

ocorreram no Brasil em 2015³ e 2019⁴ – que podem ser deflagrados por grandes volumes de chuvas – levam a perdas humanas irreparáveis, além de prejuízos monetários e grandes passivos reputacionais e legais às empresas e ao Estado. Considerando eventos de grande escala e impacto como estes, prevenção é de suma importância, se destacando perante ações de resposta, o que reforça a importância de fiscalização robusta, da capacitação da força de trabalho em geologia ambiental, geotecnica e segurança de operações, do mapeamento geológico do território e de uma agência reguladora dotada de recursos humanos e financeiros.

Outro ponto de atenção, associado à intensificação de eventos climáticos extremos, é o impacto logístico. Em 2024, o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden/MIDR) recebeu mais de 3.600 alertas de desastres emitidos por municípios e registrou 1.690 ocorrências no Brasil (Figura 5). Cerca de 32% das ocorrências referiam-se a eventos de origem geológica – majoritariamente MMGs diversos, popularmente chamados de deslizamentos –, enquanto os 68% restantes estavam associados a riscos hidrológicos, como alagamentos e enchentes decorrentes de períodos de precipitação intensa que acarretam falhas na drenagem urbana e levam à elevação súbita no nível de rios e córregos.



³ Fernandes et al. (2016). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2016.10.003>

⁴ Lima et al. (2019). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10346-020-01450-2>

Figura 5 - Balanço de Alertas emitidos pelo Cemaden no ano de 2024. Retirado de: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/noticias/cemaden-registra-recorde-de-alertas-e-mais-de-1-6-mil-ocorrencias-de-desastre-no-brasil-em-2024>

Por definição, desastres são assim classificados quando acarretam prejuízos econômicos e sociais significativos: no caso brasileiro, eventos como os descritos acima impactam com frequência rodovias federais, estaduais e municipais, provocando interdições de dias a meses, que duram até a reconstrução de taludes, pontes e a implementação de obras de contenção, gerando grandes passivos para a sociedade e para a indústria. Diante deste cenário, a vulnerabilidade do setor mineral se destaca por sua grande dependência do modal rodoviário em todas as etapas do desenvolvimento de um empreendimento mineral: desde a pesquisa – dificultada pelo acesso precário a áreas remotas – até o escoamento da produção, em um contexto com malha ferroviária insuficiente, portos com limitações de armazenamento e hidrovias sujeitas a estiagens³.

Enquanto a logística do minério de ferro, em grande parte, é realizada pelos modais mais adequados à movimentação desse tipo de produto (minerodutos, cabotagem, hidrovias e ferrovias), possibilitando custos de transporte menores e ampliando a economicidade das minas do país, demais substâncias como cobre, alumínio, fôstato, manganês e potássio seguem transportadas majoritariamente por rodovias e ganhariam com a migração para ferrovias⁵. Ainda, nas proximidades das zonas costeiras – tipicamente com declividades mais acentuadas, clima tropical mais chuvoso e com ocorrências de ressacas e marés de tempestade – cresce a suscetibilidade a MMGs, erosão costeira, enchentes, inundações e alagamentos nessas áreas tão importantes para o escoamento da produção mineral brasileira.

Em um cenário de aumento na frequência de eventos climáticos extremos, todos estes fatores – somados a paralisações de terminais e janelas meteorológicas mais curtas para operações de carga – elevam custos de transporte, seguros e capital de giro, além de pressionar prazos contratuais e compromissos de entrega em cadeias globalizadas. Esse risco sistêmico requer planejamento de adaptação, redundância de rotas, monitoramento geológico, geotécnico e hidrometeorológico constante e planos

⁵ UFSC/LabTrans, 2022. Disponível em: [Caderno 4 — Ministério de Minas e Energia](#)

de contingência integrados entre mineradoras, concessionárias de infraestrutura e autoridades públicas. Além disso, por parte do Estado, mostram-se cada vez mais necessários investimentos em pesquisas científicas sobre o tema e em obras de infraestrutura estratégicas e resilientes, com destaque para a necessidade da diversificação do modal logístico do setor e a obtenção de todos os benefícios (financeiros e de mitigação de risco) que tal ação representa.

Uma resposta fraca ou inexistente a estes riscos poderia desencadear um efeito dominó: interrupções prolongadas na operação das mineradoras elevam prêmios de seguro e custo de capital, contratos sofrem multas e reprecificação, projetos são postergados ou cancelados e ativos tornam-se parcialmente “encalhados”. Portos congestionados e rodovias interrompidas deslocam cargas para rotas mais caras e inseguras, reduzindo margens e competitividade perante alternativas externas; compradores passam a exigir cláusulas mais duras, enquanto litígios ganham força, reduzindo a atratividade do ambiente de negócios brasileiro. A escassez de janelas operacionais penaliza pequenos mineradores e cooperativas e amplia desigualdades regionais. Em conjunto, sem dados e informações confiáveis, sem obras e políticas estruturantes, sem diversificação modal e sem governança climática e de riscos baseada em dados, o Brasil perde participação de mercado, vê a confiança externa no setor mineral abalar-se e consolida uma trajetória de alto custo, alto risco e baixa competitividade.

III. Valorização da sustentabilidade ambiental e transição energética

A valorização da sustentabilidade ambiental e da transição energética emerge como resposta aos sinais da crise climática, muitos já destacados na seção anterior. Como tema central do debate geopolítico nas próximas décadas, essa Megatendência redefine políticas públicas, financiamento e cadeias de suprimento ao exigir metas de descarbonização, gestão de riscos climáticos e padrões ESG mais rigorosos. Na prática, acelera a adoção de energia e combustíveis renováveis, eletrificação, eficiência e circularidade, amplia a demanda por minerais críticos e eleva o patamar de governança socioambiental em toda a economia. Seus principais desdobramentos e implicações globais estão sintetizados na Figura 6, abaixo.

<u>VALORIZAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E TRANSIÇÃO ENERGÉTICA</u>	
FENÔMENOS ASSOCIADOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Valorização da sustentabilidade ambiental e transição energética; 2. Maior disponibilidade de recursos internacionais para descarbonização; 3. Mudanças na geopolítica da energia e segurança energética; 4. Intensificação das mudanças climáticas; 5. Aumento dos investimentos em energia limpa; 6. Pressão para transição energética justa, com redução da pobreza energética; 7. Aumento da eficiência energética e uso sustentável dos recursos.
OPORTUNIDADES BRASIL	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aumento do protagonismo no tema sustentabilidade a partir das vantagens competitivas do país; 2. Atração de investimentos em fontes renováveis, conservação florestal e bioeconomia; 3. Potencial para exportar hidrogênio verde; 4. Desenvolvimento de tecnologias para economia circular, eficiência energética e captura de carbono.
RISCOS BRASIL	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sanções comerciais por descumprimento de acordos internacionais; 2. Dificuldade em realizar uma transição energética justa, ampliando desigualdades; 3. Perda de mercados para empresas que não atendam às exigências de sustentabilidade; 4. Aumento das emissões pelo uso da terra e pelo desmatamento.

Figura 6 – Quadro síntese da megatendência de “Valorização da sustentabilidade ambiental e transição energética” com fatores especialmente relevantes para o setor mineral destacados em **negrito**. Fonte: Elaboração própria com base em BRASIL (2025). Ministério do Planejamento e Orçamento.

A fim de evitar redundâncias, aspectos relativos à transição energética e ao aumento da demanda por minerais críticos (na forma de substâncias concentradas e transformadas) – já discutidos em seções anteriores – não serão desenvolvidos

novamente, embora se ressalte mais uma vez sua pertinência no escopo desta megatendência apontada pelos estudos da Estratégia Brasil 2050. Reconhece-se, hoje, que o caminho para a descarbonização – compromisso global assumido por 195 países com a assinatura do Acordo de Paris em 2015 – tem seu pilar mais relevante na transição energética⁶. Esse desenvolvimento apresenta uma janela de oportunidade ao Estado Brasileiro, dada sua posição de destaque no cenário de reservas minerais globais, ainda que este destaque não se reflita plenamente na produção mineral, lacuna esta (entre reservas e produção) que justamente caracteriza tal potencialidade.

A valorização da sustentabilidade, no setor mineral, também se origina especialmente de demandas da sociedade. A atividade mineral gera impactos socioambientais em todas as fases do ciclo de um projeto – da pesquisa e implantação à operação e ao fechamento de mina. Esses impactos tendem a se ampliar com o porte do empreendimento, dado o maior volume de material movimentado, o contingente de pessoal mobilizado, a dimensão das estruturas (frentes de lavra, barragens, pilhas, plantas etc.) e, logicamente, a magnitude dos passivos a serem geridos no pós-fechamento. A percepção comum da magnitude destes passivos frente aos benefícios que o setor oferece, fator que impacta diretamente no direcionamento de investimentos e na imagem e comunicação institucional da mineração como um todo, desloca a mineração de um paradigma reativo para outro de compliance, sustentabilidade e resiliência operacional e territorial, no qual planejamento climático, monitoramento ambiental e governança ESG e de riscos tornam-se competências centrais. Este novo paradigma exige também a entrega de benefícios cada vez mais tangíveis às comunidades e aos territórios impactados: empregos qualificados, investimentos sociais estruturantes, recuperação ambiental efetiva, transparência e participação social são alguns exemplos de práticas cada vez mais valorizadas e, em muitos casos, exigidas.

Esta valorização global da sustentabilidade apresenta como perspectiva singular o incentivo ao estabelecimento de práticas e empreendimentos sustentáveis

⁶ BRASIL, 2025. Disponível em: [Brasil 2050 — Ministério do Planejamento e Orçamento](#)

na mineração, os quais tem mais acesso a capital “verde” e comunicam de forma mais clara os benefícios que a atividade mineral apresenta a sociedade. Nesse sentido, iniciativas como a recém implementada taxonomia sustentável brasileira dão um norte ao setor privado frente às demandas cada vez mais rigorosas da sociedade e do mercado, ao mesmo tempo em que orientam prospectivos empreendedores e investidores sobre projetos viáveis para investimentos qualificados. No âmbito desses empreendimentos, há diversas frentes de desenvolvimento – como captura de carbono e fechamento de mina adequado⁷ –, mas duas que se destacam são a mineração circular e a governança dos recursos hídricos.

A mineração circular é a integração de mecanismos sustentáveis e de conceitos de economia circular ao setor da mineração, e representa uma mudança de paradigma frente à mineração tradicional, comumente associada à extração de recursos minerais de forma linear com o tradicional ciclo de “lavra -> processamento -> utilização -> descarte e/ou armazenamento de rejeito”. Como conceito, a mineração circular se apresenta para maximizar o uso dos recursos minerais, de forma a reduzir ao máximo a geração de resíduos e aproveitar todos os produtos e subprodutos da atividade mineral, incluindo estéril e rejeito, podendo ser expandida também ao reaproveitamento de resíduos urbanos através de reciclagem e reprocessamento.

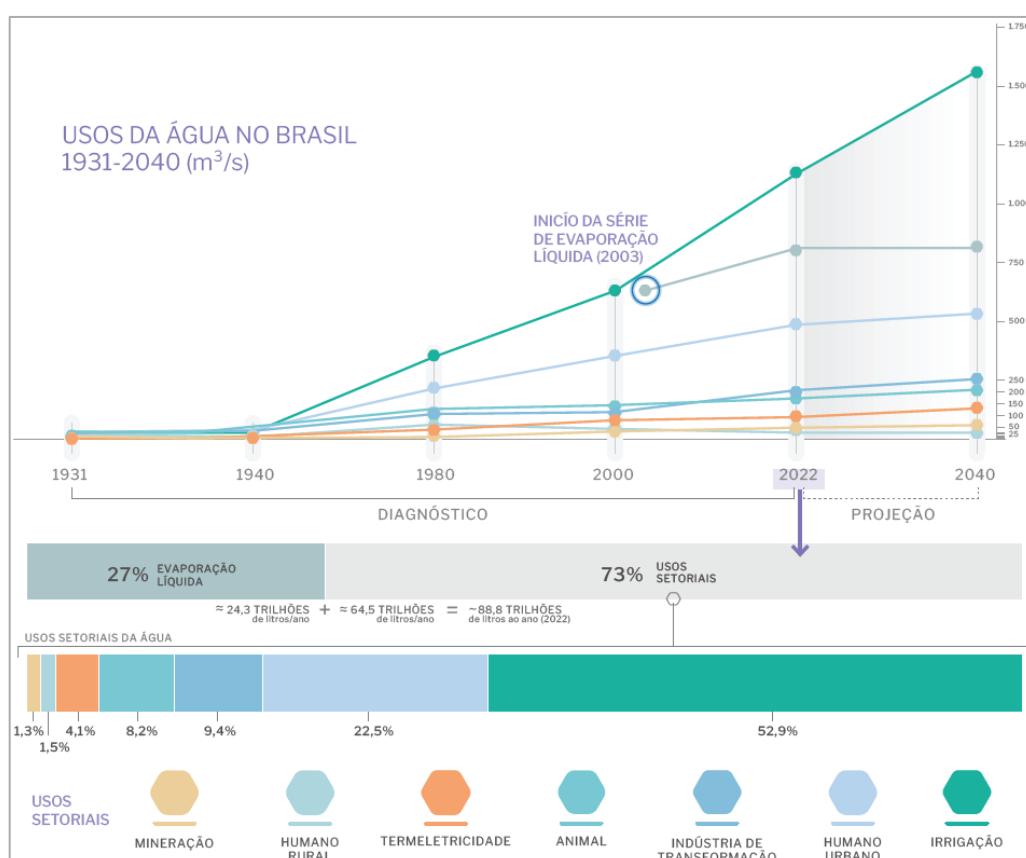
Os benefícios da integração de práticas da economia circular na mineração são extensos. Em um cenário de continuidade das políticas de redução de emissões de gases do efeito estufa (GEE) já vigentes, por exemplo, uma iniciativa global bem-sucedida de ampliação de reciclagem de minerais críticos para a transição energética poderia reduzir a necessidade de nova atividade mineral de 5 a 30% até 2040, com potencial transformador ainda maior considerando um cenário em que as nações cumpram seus compromissos anunciados de redução de emissões de GEE⁸. Além disso, em média, obter minerais da transição energética (como níquel, lítio e cobalto) por reciclagem resulta em emissões de GEE 80% menores do que os produzir por

⁷ IEF, 2024. Disponível em: <https://www.ief.org/news/how-to-make-mining-more-sustainable>

⁸ IEA, 2025. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2025>

mineração primária tradicional, o que se traduz em uma redução de emissões cumulativa para o suprimento da demanda destas substâncias da ordem de 35%⁹.

A governança de recursos hídricos, outro vetor de desenvolvimento importante corretamente associado à integração de princípios da economia circular à indústria da mineração¹⁰, demanda uma abordagem integrada de bacia hidrográfica que concilie disponibilidade, tempo de recarga, riscos, redução, reuso, reciclagem e avaliações de qualidade e de múltiplos usos da água, articulando processos como outorga e planos de bacia a atividades de monitoramento em tempo real de captações, contaminações, balanços hídricos de minas e plantas de beneficiamento. Sua importância no setor mineral – responsável por cerca de 1,3% do uso consuntivo da água no Brasil em 2022 (Figura 7) – já é reconhecida pela indústria, como ilustra a publicação do "Livro Azul" pelo Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) em 2025, o qual reúne boas práticas na gestão e no manejo de recursos hídricos¹¹.



⁹ IEA, 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/recycling-of-critical-minerals>

¹⁰ Irandoost et al., 2025

¹¹ IBRAM, 2025. Disponível em: [IBRAM_Livro-Azul_WEB.pdf](#)

Figura 7 – Evolução dos Usos da Água no Brasil. Fonte: retirado de ANA, 2024. Disponível em: https://bibliotecaана.gov.br/sophia_web/acervo/detalhe/106150

Plenamente alinhada ao ODS 6 da ONU, que almeja “garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água portável e do saneamento para todos”, a implementação dessa governança implica metas de eficiência e recirculação, planos de contingência para secas e cheias e transparência por meio de métricas auditáveis e painéis públicos.

Por outro lado, a mesma pressão que abre e expande mercados e demandas sociais para soluções de baixo carbono e de eficiência no uso de recursos naturais expõe o Brasil a riscos relevantes: barreiras não tarifárias (ex.: rastreabilidade e requisitos ESG) podem excluir produtos brasileiros sem métricas confiáveis do mercado global; altos custos de conformidade ambiental e financiamento mais caro penalizam cadeias de menor intensidade tecnológica e margens baixas (ex: insumos para construção civil); produtos intensivos em carbono podem tornar-se ativos encalhados; e a assimetria regulatória (ex.: taxonomias distintas e diferentes padrões de relatórios) frente a parceiros comerciais reduz competitividade. Some-se a isso riscos internos como o avanço do desmatamento, da mineração ilegal e o risco de litígios e cria-se um quadro em que, num cenário adverso, o Brasil perde reputação e liderança global nas agendas ambientais e amplia sua vulnerabilidade a vieses externos no âmbito de legislação, financiamento e tecnologia.

IV. Manutenção da globalização e da interdependência das cadeias globais de valor

A manutenção da globalização e da interdependência das cadeias globais de valor segue como megatendência, ainda que em nova configuração. Após a “era de ouro” da globalização (1970-2008) e sucessivas crises (financeiras, pandêmicas, geopolíticas e climáticas) que expuseram vulnerabilidades na configuração atual de cadeias de suprimento, o mundo não caminha para a desglobalização, mas para cadeias mais resilientes, sustentáveis e seguras e para a redução nas relações de dependência externa para o fornecimento de insumos críticos. Nessa reconstrução, o aumento de vieses protecionistas e das tensões comerciais contrasta com um sistema global já estabelecido de fluxos de capital, tecnologia e informação que sustentam o comércio internacional, o qual tende a ser reorganizado estrategicamente através de movimentos de *reshoring*, *nearshoring*, *friendshoring* e *powershoring* (Figura 8).

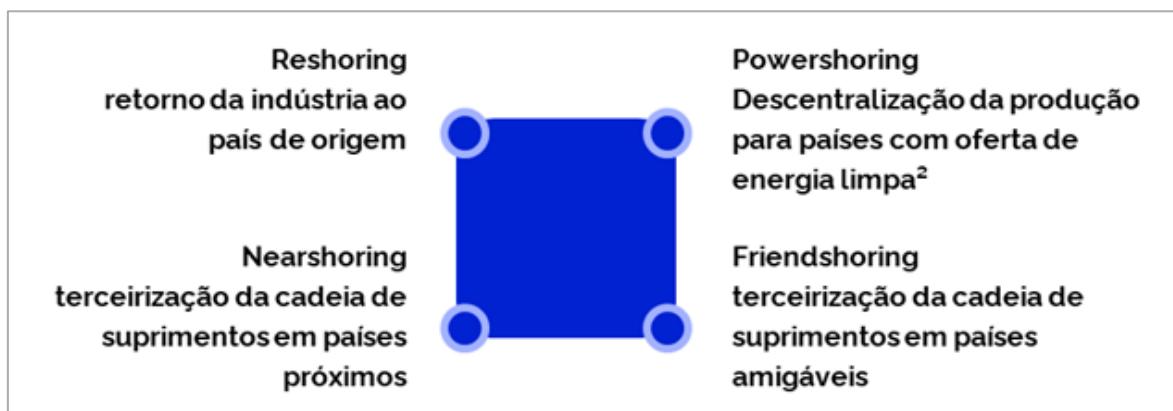


Figura 8 – Movimentos de reconfiguração das cadeias produtivas internacionais. Retirada de: BRASIL, 2025. Disponível em: [Brasil 2050 — Ministério do Planejamento e Orçamento](#)

Essa reconfiguração gera fenômenos, abre oportunidades e impõe riscos, apresentados na figura 9, abaixo, e detalhados na sequência.

<u>MANUTENÇÃO DA GLOBALIZAÇÃO E DA INTERDEPENDÊNCIA DAS CADEIAS GLOBAIS DE VALOR</u>	
FENÔMENOS ASSOCIADOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Crescimento significativo da globalização e do comércio mundial no período 1970; 2. Impacto de crises globais (financeiras, pandemias, guerras e eventos climáticos) na segurança do suprimento; 3. Crescente interdependência dos países para o suprimento dos insumos críticos; 4. Aumento do protecionismo e de tensões comerciais ao longo desta década; 5. Pressão por cadeiras produtivas mais resilientes e sustentáveis; 6. Reconfiguração das cadeias de suprimento e produção mundial.
OPORTUNIDADES BRASIL	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ampliação da participação no comércio internacional com a diversificação das cadeias produtivas globais; 2. Expansão das exportações por meio de novos acordos comerciais (ex.: Mercosul¹²/União Europeia); 3. Atração para o país de produção industrial por meio do nearshoring, friendshoring e powershoring; 4. Fortalecimento de cadeias produtivas regionais integradas na América Latina.
RISCOS BRASIL	<ol style="list-style-type: none"> 1. Protecionismo das principais potências com aumento de barreiras comerciais aos produtos brasileiros, mesmo que temporários; 2. Escassez de insumos de alta tecnologia e custos elevados, afetando as cadeias produtivas no Brasil; 3. Risco de desabastecimento de insumos críticos em graves crises, como na pandemia.

Figura 9 – Quadro síntese da megatendência de “Manutenção da globalização e da interdependência das cadeias globais de valor” com fatores especialmente relevantes para o setor mineral destacados em **negrito**. Fonte: Elaboração própria com base em BRASIL (2025). Ministério do Planejamento e Orçamento.

Os custos do “desacoplamento” da economia global em larga escala (isto é, um *reshoring extremo*) permanecem proibitivamente elevados – e, no caso da mineração, há ainda um limite geológico intransponível: jazidas não se “relocalizam” por decisão política ou empresarial. Esses limites reforçam a multipolaridade e a diversificação de riscos por geografia, segurança energética, geologia e clima como tendências comuns, mesmo frente a movimentos protecionistas. Não se espera, portanto, uma “quebra” da globalização, mas uma reconfiguração de seus parâmetros. Para o setor mineral brasileiro, que em 2025 – entre exportação e importação – movimentou mais de 530 milhões de toneladas de minério¹², mobilizando algo como 2500 navios nos portos nacionais, direcionados a todas as regiões do globo, qualquer alteração nos fluxos de comércio internacional tem implicações estratégicas de grande ordem.

¹² Comércio Exterior do Setor Mineral, ANM/SECEX/ComexStat. Disponível em: [Microsoft Power BI](#)

Para além do volume logístico envolvido, a exposição comercial mineral brasileira é concentrada e assimétrica: em 2024, por exemplo, o Brasil exportou 429,22 milhões de toneladas de minério (das quais 400 Mt de minério de ferro), somando 67,15 bilhões de dólares (US\$ 40,2 bi ferro; US\$ 5,5 bi alumínio; US\$ 5 bi cobre; US\$ 3,9 bi ouro e US\$ 2,3 bi de nióbio). A China absorveu 280 milhões de toneladas e 23,4 bilhões de dólares, enquanto Malásia e Estados Unidos receberam 20 Mt e 15Mt cada (US\$ 1,7 bi e 10,1 bi, respectivamente), evidenciando riscos de concentração de demanda e sensibilidade a barreiras nos principais mercados. Do outro lado, as importações alcançaram 75,9 milhões de toneladas e US\$ 42,7 bilhões (sendo US\$ 9,5 bi originados da China, US\$ 4,8 bi dos EUA e US\$ 3,6 bi da Rússia), com destaque entre as substâncias para ferro, fosfato, potássio e carvão mineral – um paradoxo que combina liderança exportadora em ferrosos com dependências críticas em insumos para fertilizantes, industriais e energéticos¹³.

Diante desse panorama de interconexão, o Brasil tem potencial para se consolidar como fornecedor-chave de insumos para diversas economias globais. A China, por exemplo, maior importadora de minério de ferro do mundo dada sua enorme capacidade siderúrgica, importou em 2023 (em valor monetário) cerca de 17% de seu minério de ferro do Brasil, no mesmo ano algo como 65% de suas compras deste minério vieram da Austrália e o restante foi distribuído entre outros produtores, como Índia, África do Sul e Canadá¹⁴.

O exemplo do ferro na China é didático: a Austrália destaca-se como fornecedora por seus teores mais elevados (62–65% Fe) e forte integração logística com a Ásia; o Brasil, por sua vez, detém grandes depósitos e operações em escala de extração deste bem, o que reduz custos operacionais e permite aproveitar minérios de teor mais baixo com eficiência. Mesmo assim, seguindo a lógica de redução de dependências, a China tem buscado diversificar fornecedores – como ilustra o avanço do projeto Simandou, na Guiné, operado em blocos comprados por consórcios chineses e pela Rio Tinto. A abertura dessa província mineral de ferro, que envolveu

¹³ Comércio Exterior do Setor Mineral, ANM/SECEX/ComexStat. Disponível em: [Microsoft Power BI](#)

¹⁴ [Iron Ore in China Trade | The Observatory of Economic Complexity](#)

mais de U\$ 20 bilhões em investimentos em infraestrutura¹⁵, é estratégica para a China, que busca, através do minério de ferro de alto teor extraído em Simandou, reduzir sua dependência de players globais e abastecer sua indústria siderúrgica “verde”.

Para o Brasil, vulnerável a variações na demanda e produção de diferentes parceiros comerciais e à volatilidade dos preços das commodities minerais, a lição é clara: concentração de vendas para poucos importadores e foco exclusivo em commodities facilmente substituíveis ampliam riscos. Diante dessa Megatendência, ganha relevância diversificar a pauta exportadora da mineração brasileira (em substância e direcionamento) e desenvolver capacidade doméstica de beneficiamento e agregação de valor de substâncias chave, equilibrando o papel de fornecedor estratégico com a mitigação da dependência externa para o consumo de bens minerais.

A mesma lógica, em sentido inverso, vale para a importação de insumos para produção de fertilizantes pelo Brasil. A elevada dependência de importação desses insumos – com destaque para potássio, fósforo e fontes nitrogenadas provenientes de países como China, Rússia, Canadá e Marrocos¹⁶ – expõe o país a choques de oferta e preço causados por diversas crises nos territórios fornecedores. Como mitigações a esses riscos (e a riscos semelhantes causados pela dependência na importação de outras substâncias minerais), destacam-se ações como: mapeamento geológico em detalhe direcionado a regiões promissoras, com elevado potencial mineral; expansão da cobertura de mapeamento geológico do território como um todo; expansão da capacidade instalada de produção de fertilizantes; diversificação de fornecedores e contratos de longo prazo; aumento na eficiência do uso de substâncias críticas e PD&I direcionado.

¹⁵ <https://www.scmp.com/news/china/diplomacy/article/3332581/why-first-simandou-iron-ore-shipment-china-marks-global-milestone>

¹⁶ [Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes — Ministério de Minas e Energia](#)

V. Aumento da demanda e da competição por recursos naturais

O aumento da demanda e da competição por recursos naturais decorre da crescente urbanização, do contínuo avanço tecnológico e principalmente da continuidade do crescimento populacional (concentrado na Ásia) prevista até metade do século XXI – associada à megatendência de transição demográfica e envelhecimento da população. Todos estes vetores, em conjunto, impulsionam o consumo de diferentes recursos naturais (Figura 10, abaixo).

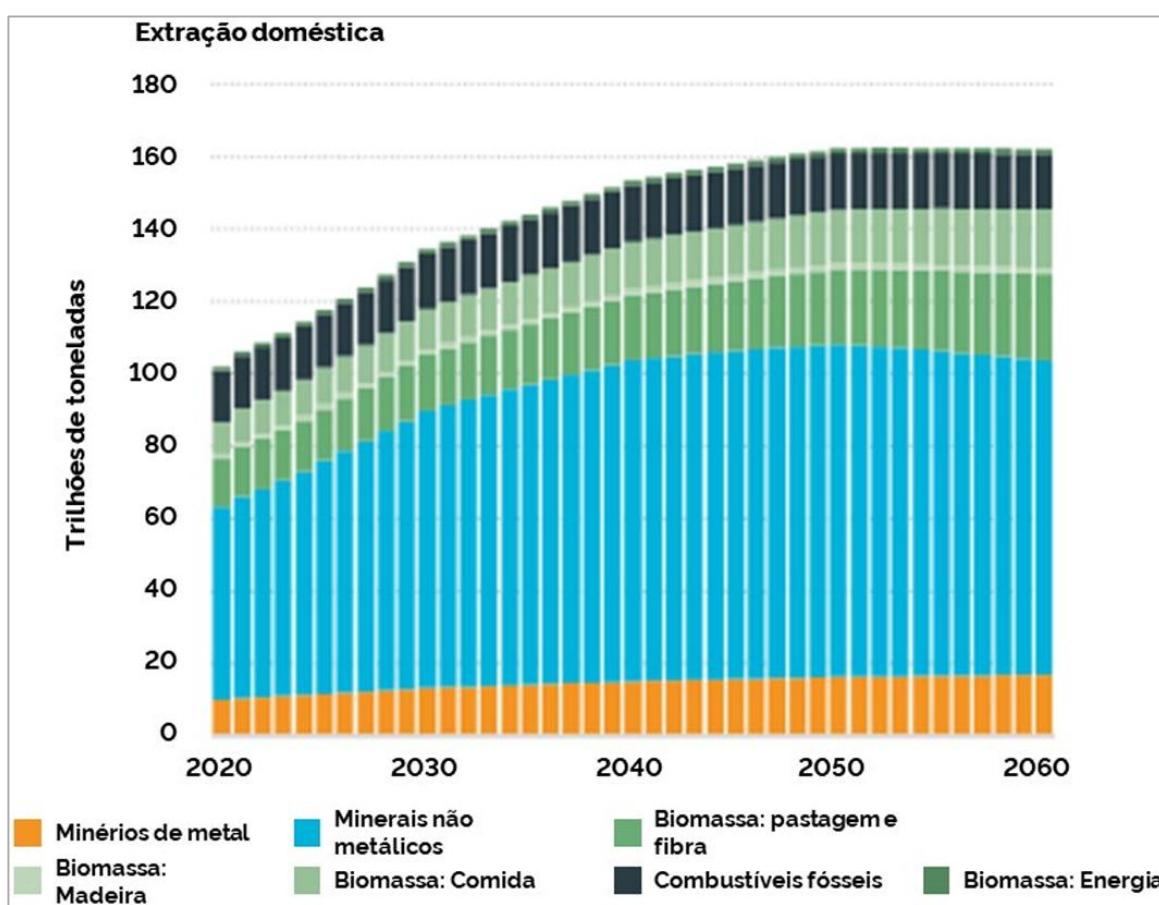


Figura 10 - Perspectiva para uso de recursos naturais até 2060. Retirada de: BRASIL, 2025. Disponível em: [Brasil 2050 – Ministério do Planejamento e Orçamento](#)

Nas últimas décadas, a extração de recursos triplicou e pode crescer substancialmente até 2060, ampliando pressões sobre ecossistemas, água e clima, projetando a disputa por materiais estratégicos para o centro da geopolítica - gerando diferentes fenômenos e apresentando diversas oportunidades e riscos ao Brasil (Figura 11, abaixo).

<u>AUMENTO DA DEMANDA E DA COMPETIÇÃO POR RECURSOS NATURAIS</u>	
FENÔMENOS ASSOCIADOS	<ul style="list-style-type: none"> 1. Crescimento populacional mundial; 2. Aumento da demanda por alimentos, minerais e energia; 3. Impacto das mudanças climáticas na estabilidade dos ecossistemas; 4. Crescente uso de biotecnologia e tecnologias no campo; 5. Maior exploração do espaço marítimo como fonte de alimentos, recursos energéticos e minerais.
OPORTUNIDADES BRASIL	<ul style="list-style-type: none"> 1. Aumento da relevância do Brasil na exportação de grãos e de proteína animal, energia limpa e minerais; 2. Intensificação do uso de tecnologias no campo e do desenvolvimento das Agtechs no país; <ul style="list-style-type: none"> 3. Ampliação da economia azul; 4. Atração de investimentos em bioeconomia.
RISCOS BRASIL	<ul style="list-style-type: none"> 1. Volatilidade do preço das commodities; 2. Potenciais entraves e barreiras tarifárias ou ambientais à exportação; 3. Impactos das mudanças climáticas sobre áreas produtivas; 4. Conflitos de uso da terra entre agricultura, pecuária e conservação; 5. Degradação ambiental devido à produção de alimentos e energia e à mineração; 6. Desafios à soberania nacional relacionados à proteção da Amazônia.

Figura 11 – Quadro síntese da megatendência de “Aumento da demanda e da competição por recursos naturais” com fatores especialmente relevantes para o setor mineral destacados em **negrito**. Fonte: Elaboração própria com base em BRASIL (2025). Ministério do Planejamento e Orçamento.

Setorialmente, a distribuição desigual de recursos e as interrupções recentes nas cadeias globais reforçam nacionalizações, acordos bilaterais e exigências ESG, enquanto a economia azul emerge como nova fronteira. Nesse contexto, o Brasil, que – mesmo com um território continental apenas parcialmente mapeado, com a Amazônia Azul e as bacias sedimentares posicionadas como fronteiras do conhecimento geológico nacional – ocupa o 1º lugar em reservas mundiais de nióbio, 2º em grafite e ETRs, 3º em amianto, minério de ferro, níquel e tântalo, e 4º em manganês e vermiculita¹⁷, ganha relevância como fornecedor estratégico de commodities minerais. Ao mesmo tempo, o país é cada vez mais cobrado internamente pelas contrapartidas da exploração de seus recursos naturais, cuja captura de benefícios, à primeira vista, parece favorecer majoritariamente atores estrangeiros.

¹⁷ USGS Mineral Commodity Summaries, 2025

A percepção imediata referente a aumentos na demanda de recursos é sobre os benefícios que esta condição apresenta ao setor mineral. A máxima econômica de especificação baseada em oferta e demanda aponta para a conclusão de que a maior demanda por bens minerais – acompanhada pelos crescentes custos para novas descobertas, alto tempo de maturação para inovações no setor de geologia e tendência a aumento de profundidade dos novos grandes depósitos (Figuras 12, 13 e 14 abaixo) – levará a uma valorização destes mesmos ativos, assim aquecendo o mercado de commodities minerais e beneficiando as empresas e os trabalhadores do setor.

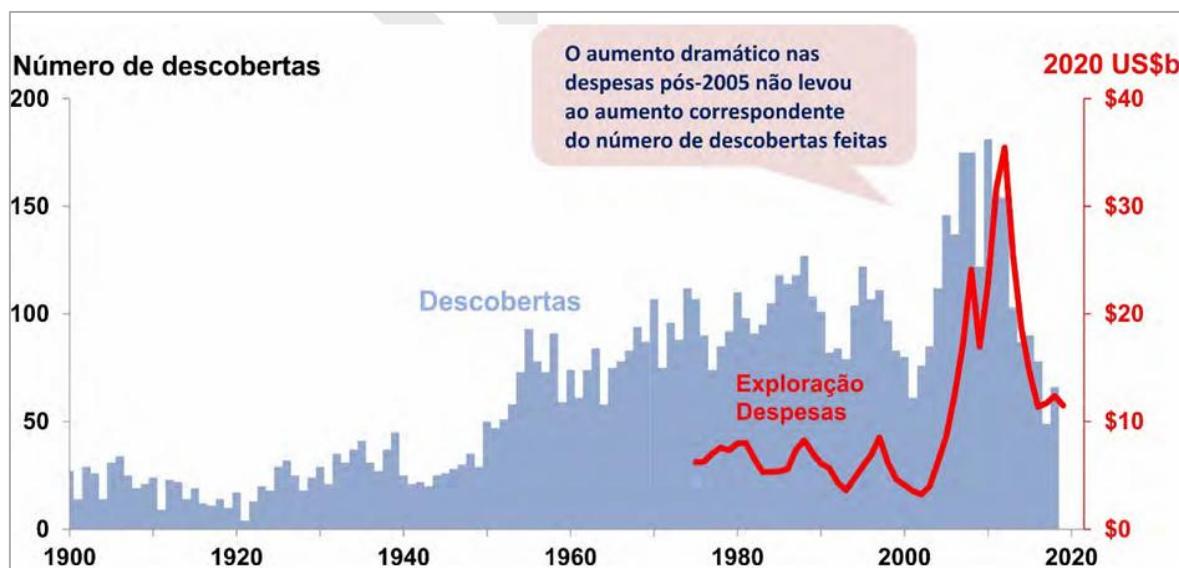


Figura 12 – Descobertas minerais significativas no mundo (1900-2018) e despesas com a exploração (1975-2019). Fonte: Caderno I – Conhecimento Geológico, Volume I. Estudos preparatórios para o Plano Nacional de Mineração 2050. Disponível em: [Cadernos do PNM 2050 – Ministério de Minas e Energia](#)

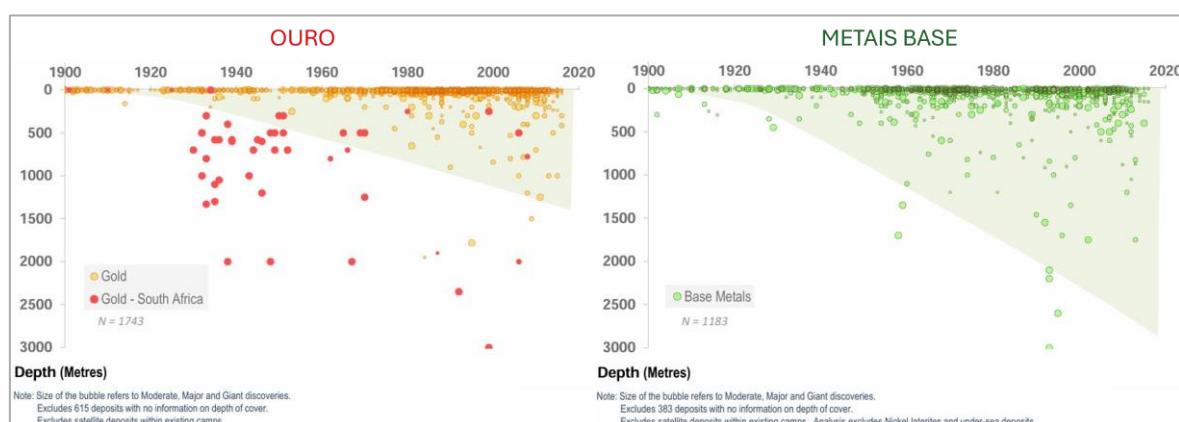


Figura 13 – Dados demonstram que tanto para Au (esquerda), como para metais-base (direita), a relação entre profundidade versus descobertas por ano tem aumentado expressivamente. Fonte: <https://minexconsulting.com/challenges-of-exploring-under-deep-cover/>.

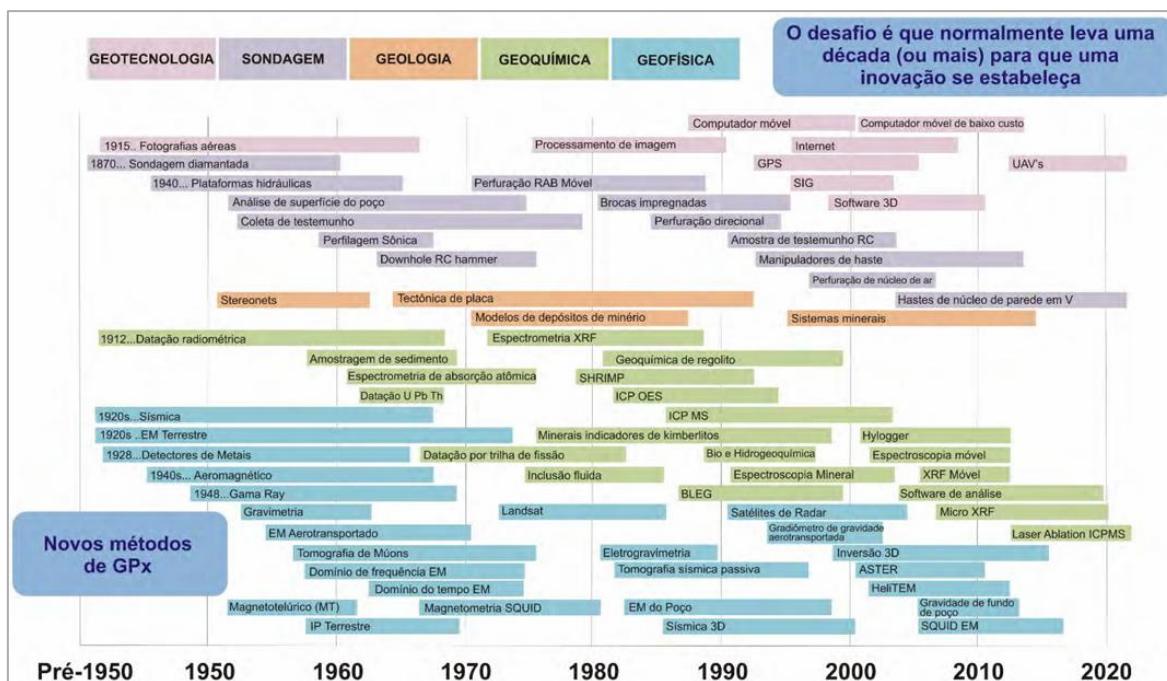


Figura 14 – Linha do tempo com 72 inovações chaves desenvolvidas para a exploração mineral. Fonte: Caderno I – Conhecimento Geológico, estudos preparatórios para o Plano Nacional de Mineração 2050. Disponível em: [Cadernos do PNM 2050 – Ministério de Minas e Energia](#)

Evidência desse movimento – preços em alta combinados a riscos de suprimento nas cadeias globais – é o panorama do cobre, que partiu de um preço de cerca de US\$ 4.800/mt em 04/2020 para aproximadamente US\$ 12.200/mt em 12/2025¹⁸, com previsões de crescimento constante para o ano de 2026. A escalada no preço decorre do uso crescente do cobre em múltiplas aplicações, somado à expectativa de demanda ainda maior nas próximas décadas (Figura 15) e ao declínio dos teores médios nas principais minas produtoras do mundo. No curto prazo, fatores operacionais agravam a oferta, como o deslizamento fatal no complexo de Grassberg, na Indonésia (segunda maior mina de cobre do mundo), que atingiu um bloco responsável por cerca de 70% da produção prevista e que após o desastre deverá permanecer fechado até o 2º trimestre de 2026¹⁹.

¹⁸ [Copper PRICE Today | Copper Spot Price Chart | Live Price of Copper per Ounce | Markets Insider](#)

¹⁹ <https://www.jpmorgan.com/insights/global-research/commodities/copper-outlook>

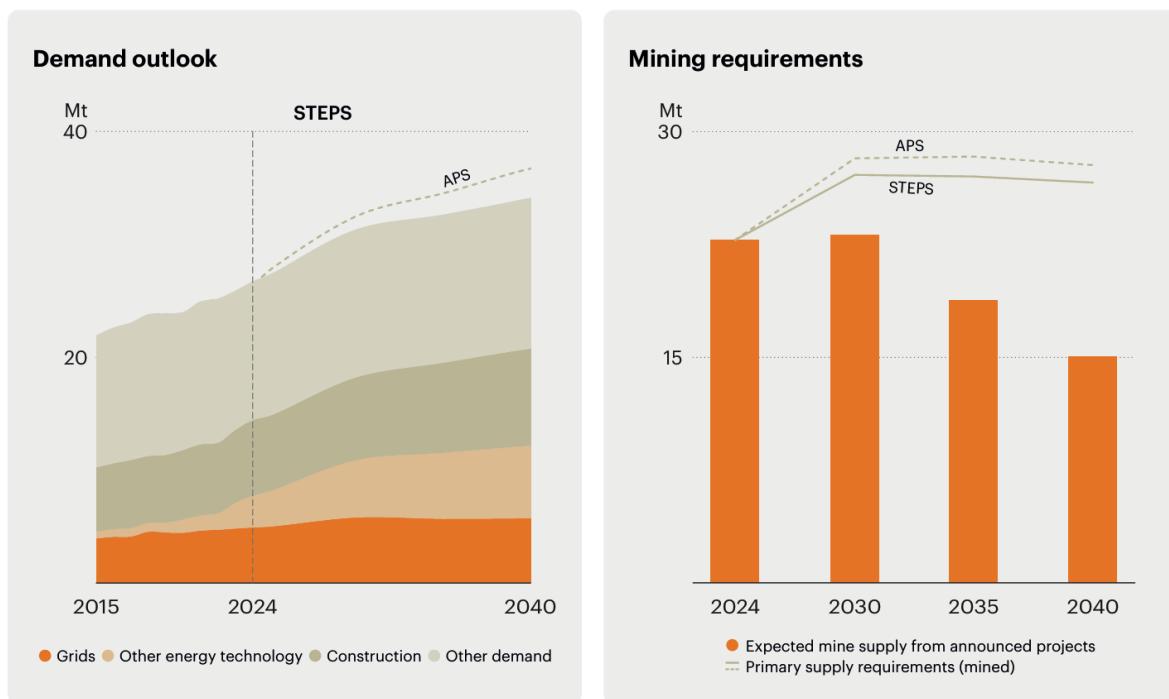


Figura 15 – Projeções de demanda e requerimento de expansão de operações de mineração de **Cobre (Cu)** para as próximas décadas. Fonte: IEA (2025), Global Critical Minerals Outlook 2025, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2025>, Licence: CC BY 4.0

Como consequência deste aumento nos preços, podem-se aventar possibilidades como maiores investimentos em exploração e pesquisa mineral por parte do setor privado, que historicamente acompanha oscilações nos preços das commodities (Figura 16) – levando à expansão da fronteira mineral nacional e a uma maior realização do potencial minerador do território brasileiro –, crescimento da relevância do Brasil em acordos comerciais globais, atração de investimentos estrangeiros e domésticos para implantação de novos projetos de mineração em solo nacional, entre outros.

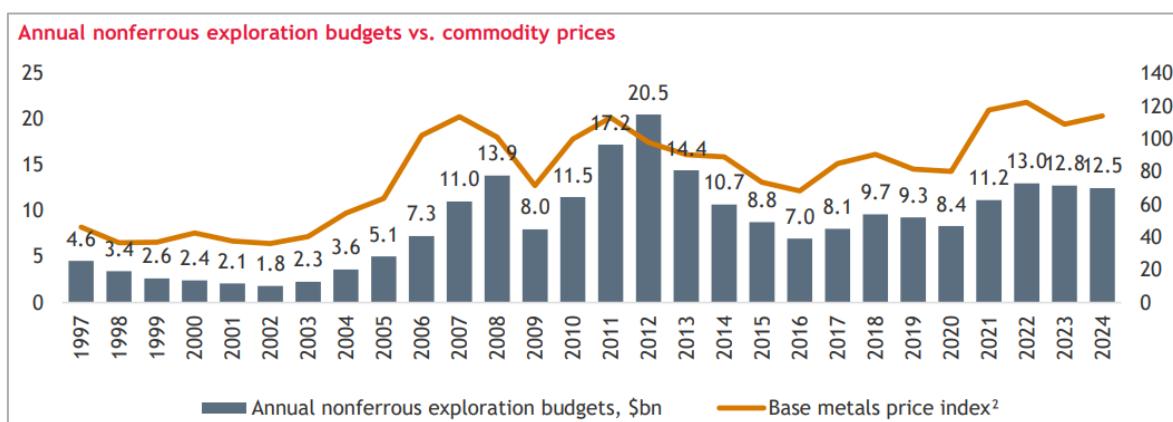


Figura 16 – Relação entre orçamentos anuais de exploração mineral (não ferrosos) e preços de commodities,

evidenciando a resposta cíclica do investimento às variações de preço. Fonte: <https://www.bdo.co.uk/en-gb/insights/industries/natural-resources-and-energy/financing-the-mining-industry>

Essa valorização também apresenta uma oportunidade para posicionar o Brasil como vanguarda na economia azul do século XXI. Com uma linha de costa de 7.491km de extensão (17ª maior extensão global), mar territorial contemplando 12 milhas náuticas (22,2km) a partir desse marco e uma zona econômica exclusiva abarcando 200 milhas náuticas (370,4km)²⁰ partindo do mesmo referencial, o Brasil tem uma área imensa que ainda pode e deve ser mais desenvolvida. Hoje, este território é voltado à geração de riquezas através da produção de petróleo, extraído das profundezas das bacias sedimentares, mas em um futuro com diversas possibilidades para a mineração em alto mar – como crostas cobaltíferas, nódulos polimetálicos e fosforitas – isso pode mudar.

Contudo, a mesma maré que eleva preços e interesse pode afundar projetos e estratégias nacionais: ciclos de altas e baixas, desequilíbrios nas exportações e volatilidade cambial e fiscal configuram riscos macroeconômicos relevantes. Além disso, pressões por produção acelerada, se não acompanhadas de fiscalização efetiva e processos de licenciamento ambiental eficientes e robustos, tendem a ampliar a degradação ambiental, conflitos fundiários e ilegalidades diversas, prejudicando a percepção pública sobre o setor mineral. Na Amazônia Azul, a corrida por recursos marinhos adiciona riscos de soberania, impactos cumulativos e incertezas científicas sobre ecossistemas profundos, exigindo prudência regulatória e avanços planejados. Some-se a isso o perigo silencioso da estagnação do conhecimento geológico nacional do território e do subfinanciamento institucional e apresenta-se um panorama negativo em que – em um país sem dados, ciência e governança robusta – a bonança vira vulnerabilidade e a nação se torna substituível por concorrentes mais competitivos em uma disputa cada vez mais dura por recursos e por mercados.

²⁰<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNzhIMTQ5NGQtOGIwNi00MjRiLWJIOTEtZTFIZThiOWFhMjQ1Iiwi dCI6ImE3YzY2YzgwLWIzNzMtNDE5Zi04ZjRiLTBjNTJIOTY0YmJiNSJ9>

CONCLUSÃO

Megatendências são, por definição, "fenômenos de grande magnitude e alto impacto, cuja direção é bastante visível e suficientemente consolidada para se admitir que estarão presentes no horizonte considerado"²¹. Essa própria caracterização carrega um grau elevado de certeza quanto à sua ocorrência, o que reforça a importância de sua incorporação no planejamento setorial mineral.

No conjunto de megatendências abordadas e dos diferentes fenômenos a elas associados, a análise evidencia uma clara interdependência entre essas dinâmicas, corroborada pelo enquadramento de todas as megatendências selecionadas como de maior impacto no setor mineral como megatendências motrizes (duas das cinco) ou de ligação (três das cinco), as quais tem maior grau de influência sobre o conjunto de megatendências. Nenhum sistema é isolado, seja ele natural, social ou financeiro, e o setor mineral não foge a essa lógica. Tecnologia, clima, sustentabilidade, globalização e competição por recursos não atuam de forma independente; pelo contrário, reforçam-se ou tensionam-se mutuamente conforme os movimentos globais e nacionais, os quais podem ser influenciados e direcionados por meio da formulação e da implementação de políticas públicas alinhadas aos interesses estratégicos do Estado Brasileiro e de sua população.

Nesse sentido, pensar o crescimento da produção dissociado da valorização da sustentabilidade, por exemplo, tende a fadar projetos e políticas públicas ao fracasso, ao deteriorar a relação entre mineradores, comunidades locais e a sociedade em geral, comprometendo a competitividade e a atratividade do ambiente de negócios brasileiro e prejudicando a percepção da mineração como um todo. De forma análoga, considerar exclusivamente as demandas globais associadas à transição energética, sem atentar para a interdependência e a reconfiguração contínua das cadeias globais de valor, expõe políticas públicas e investimentos diversos a vulnerabilidades relevantes frente a mudanças geopolíticas, tecnológicas e comerciais.

²¹ BRASIL, 2025. Disponível em: [Brasil 2050 — Ministério do Planejamento e Orçamento](#)

Em síntese, o planejamento setorial mineral exige o reconhecimento explícito da transversalidade e da interdependência entre as diferentes megatendências, políticas públicas e pilares estratégicos propostos. Os melhores resultados decorrem de ações conjuntas, coordenadas, estruturadas e de longo prazo, conduzidas em múltiplas frentes de forma integrada, de modo que seus efeitos se reforcem mutuamente, evitando tensões negativas e ampliando seu efeito exponencial positivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). Manual de usos consuntivos da água no Brasil. 2. ed. Brasília: ANA, 2024. 109 p. ISBN 978-65-88101-64-3.

Disponível em: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/acervo/detalhe/106150.

Acesso em: 7 jan. 2026.

AMITRANO, Claudio Roberto; PESSOA, Mônica Mora y Araújo de C. e S. Análise situacional e retrospectiva. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 2025. 64 p.

BDO, 2025. Financing the Mining Transition, 2025. Disponível em: <https://www.bdo.co.uk/en-gb/insights/industries/natural-resources-and-energy/financing-the-mining-industry>. Acesso em: 8 jan. 2026.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração (ANM); Secretaria de Comércio Exterior (SECEX). Comércio Exterior do Setor Mineral (dashboard Power BI), 2025. Acesso em: 8 jan. 2026. Disponível em: [Microsoft Power BI](#)

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. PNM 2050 – Cadernos de Estudos (conjunto). Brasília: MME, 2024–2025. Disponível em: [Cadernos do PNM 2050 – Ministério de Minas e Energia](#)

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Resenha Energética Brasileira 2025. Brasília: MME, 2025. Disponível em: [Resenha Energética Brasileira 2025 – Ministério de Minas e Energia](#). Acesso em: 8 jan. 2026.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. Cenários: o Brasil que queremos em 2050. Brasília: MPO, 2025. 120 p. Disponível em: [Brasil 2050 – Ministério do Planejamento e Orçamento](#)

BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. Megatendências mundiais e incertezas para o Brasil 2050. Brasília: MPO, 2025. 132 p. Disponível em: [Brasil 2050 – Ministério do Planejamento e Orçamento](#). Acesso em: 8 jan. 2026.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil (SGB). Plano decenal de mapeamento geológico básico: PlanGeo 2025–2034. Brasília: SGB, 2024. Disponível em: [Mapeamento Geológico](#). Acesso em: 8 jan. 2026.

EY; IBRAM. Atratividade do setor mineral brasileiro, 2024. EY/IBRAM, 2024. Disponível em: <ey-ibram-estudo-atratividade-setor-mineral-brasileiro-2024-versao-final.pdf>

FERNANDES, Geraldo Wilson. Et al. 2016. Deep into the mud: ecological and socio-economic impacts of the dam breach in Mariana, Brazil, Natureza & Conservação, Volume 14, Issue 2, 2016, Pages 35-45, <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2016.10.003>.

FUTURE TODAY STRATEGY GROUP. 2025. Tech Trends Report. 2025. Disponível em: <https://ftsg.com/trends/>. Acesso em: 8 jan. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). Livro Azul: Boas Práticas em Gestão e Manejo dos Recursos Hídricos pela Mineração. Brasília: IBRAM, 2025. Disponível em: [IBRAM_Livro-Azul_WEB.pdf](#). Acesso em: 8 jan. 2026.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Global Critical Minerals Outlook, 2025. Paris: IEA, 2025. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2025>. Acesso em: 8 jan. 2026.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Recycling of Critical Minerals, 2024. Paris: IEA, 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/recycling-of-critical-minerals>. Acesso em: 8 jan. 2026.

INTERNATIONAL ENERGY FORUM (IEF). How to make mining more sustainable, 2024. Disponível em: <https://www.ief.org/news/how-to-make-mining-more-sustainable>. Acesso em: 8 jan. 2026.

IRANDOOST, Elahe, et al. "Sustainable-circular water resources management in the mining industry using system dynamics modeling." Water Resources and Industry (2025): 100313. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2025.100313>

JPMORGAN. Copper Outlook: Copper prices could soar further amid a tightening market, 2025. Disponível em: <https://www.jpmorgan.com/insights/global-research/commodities/copper-outlook>. Acesso em: 8 jan. 2026.

LIMA, R.E., LIMA PINCANÇO, J., SILVA, A.F. et al. An anthropogenic flow type gravitational mass movement: the Córrego do Feijão tailings dam disaster, Brumadinho, Brazil. *Landslides* **17**, 2895–2906 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10346-020-01450-2>

LINS, Fernando Antonio Freitas. A pesquisa de inovação PINTEC e a mineração brasileira. 2021. Disponível em: [link](#).

MARKETS INSIDER. Copper Price Today - Spot Price Chart. 2026. Disponível em: <https://markets.businessinsider.com/commodities/copper-price>. Acesso em: 8 jan. 2026.

ÖSTENSSON, Olle. The potential of extractive industries as anchor investments for broader regional development. WIDER Working Paper 2020/87. Helsinki: UNU-WIDER, 2020. <https://doi.org/10.35188/UNU-WIDER/2020/844-3>

POTENCIAL mineral de la Amazonia: problemas y desafíos. Revista de Estudios Brasileños, v. 6, n. 11, p. 91–108, 2019. <https://doi.org/10.14201/reb201961191108>.

PwC. Mine 2025: Concentrating on the future. 2025. Disponível em: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/energy-utilities-resources/publications/mine.html>. Acesso em: 8 jan. 2026.

SÁNCHEZ, F; HARTLIEB, P. Innovation in the mining industry: technological trends and a case study of the challenges of disruptive innovation. Mining, Metallurgy & Exploration, v. 37, p. 1385–1399, 2020. <https://doi.org/10.1007/s42461-020-00262-1>

THE OBSERVATORY OF ECONOMIC COMPLEXITY (OEC). Iron Ore in China Trade. Disponível em: https://oec.world/en/visualize/tree_map/hs92/import/chn/show/2601/2023/. Acesso em: 8 jan. 2026.

UNITED NATIONS. World Investment Report 2007: Transnational Corporations, Extractive Industries and Development. New York/Geneva: UNCTAD, 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC). Laboratório de Transportes e Logística (LabTrans). Estudos e análises da infraestrutura de transporte e logística do setor mineral no Brasil (Relatório final – Caderno 4). UFSC/LabTrans, 2022. Disponível em: [Caderno 4 — Ministério de Minas e Energia](#). Acesso em: 8 jan. 2026.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (UNCTAD). *World Investment Report 2007: Transnational Corporations, Extractive Industries and Development*. New York; Geneva: United Nations, 2007. Disponível em: <https://unctad.org/publication/world-investment-report-2007-transnational-corporations-extractive-industries-and-development>. Acesso em: 8 jan. 2026.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY, 2018, Mineral commodity summaries 2018: U.S. Geological Survey, 200 p., <https://doi.org/10.3133/70194932>.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY, 2024, Mineral commodity summaries 2024: U.S. Geological Survey, 212 p., <https://doi.org/10.3133/mcs2024>.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY. Mineral Commodity Summaries 1996-2025: U.S. Geological Survey. Disponível em: [Mineral Commodity Summaries | U.S. Geological Survey](#)