



# Minerais críticos e estratégicos na transição energética global — oportunidades e riscos para o Brasil e o Rio Grande do Sul

Camila de Macedo Braga<sup>1</sup>

## 1 Introdução

A transição energética global, impulsionada por metas de descarbonização e segurança climática, elevou a importância dos chamados minerais críticos, como lítio, cobalto, níquel, cobre e terras raras. Nesse processo, as matérias-primas minerais desempenham um papel fundamental, servindo de base para inúmeras cadeias produtivas globais. No entanto, alguns minerais também são essenciais por sua capacidade de promover mudanças disruptivas e inovadoras em setores-chave para o desenvolvimento econômico e a defesa nacional, entre eles, as tecnologias digitais, a mobilidade sustentável e as tecnologias de baixo carbono, como as baterias, as turbinas eólicas e os painéis solares (Veiga; Rios, 2017).

Considerando sua importância econômica e o atual cenário macroeconômico e geopolítico, algumas dessas matérias-primas minerais passaram a ser conhecidas como críticas, em vista das incertezas associadas às cadeias globais de suprimento e refino, ou como estratégicas, em razão das políticas internas para a gestão desses recursos e da sua participação nas cadeias globais de valor (Veiga; Rios, 2017). Assim, o que é identificado como mineral crítico e estratégico (MCE) não é um entendimento universal. Embora exista um consenso com relação aos minerais críticos, dado que suas cadeias de suprimento e produção se organizam em escala global, nem todo mineral crítico é considerado estratégico. A designação de um mineral crítico ou não como estratégico depende do interesse nacional sobre os recursos minerais sendo considerados. Cada país tem a capacidade soberana de indicar os minerais que considera estratégicos.

O Estado brasileiro, por meio do Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos (CTAPME), no âmbito do Ministério de Minas e Energia (MME) e de sua Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, emitiu a Resolução n.º 2, de 18 de junho de 2021, em que estabelece a lista de minerais considerados estratégicos para o país. A lista divide esses minerais em três categorias:

- I. bens minerais dos quais o país depende de importação em alto percentual para o suprimento de setores vitais de sua economia (enxofre e minérios de fosfato, de potássio e de molibdênio);
- II. bens minerais que têm importância pela sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia (minérios de cobalto, de cobre, de estanho, de grafita, de platina e seus congêneres, de lítio, de nióbio, de níquel, de silício, de tálio, de tântalo, de terras raras, de titânio, de tungstênio, de urânio e de vanádio);
- III. bens minerais que detêm vantagens comparativas e que são essenciais para a economia (minérios de alumínio, de cobre, de ferro, de grafita, de ouro, de manganês, de nióbio e de urânio) (Brasil, 2021).

---

<sup>1</sup> Analista Pesquisadora em Relações Internacionais no Departamento de Economia e Estatística (DEE) da Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão (SPGG) à época da realização do estudo, concluído em janeiro de 2026.



Nesta nota, partindo da resolução acima, utiliza-se uma definição de MCEs que considera todos os minerais críticos presentes na lista de minerais estratégicos disponibilizada pelo governo federal. Dessa forma, a definição de MCE empregada aqui inclui os elementos que estão presentes na intersecção entre os considerados críticos em âmbito global conforme a base de dados Trade in Critical Minerals, da parceria entre o Asian Development Bank (ADB) e a World Trade Organization (AWTO), e os que o Brasil considera estratégicos para o seu desenvolvimento e a segurança nacional.

Nas próximas seções, serão discutidos os desafios e as estratégias relacionados às cadeias globais de produção e fornecimento de minerais críticos, bem como as transformações industriais associadas ao processo de transição energética dentro de uma economia globalizada. Destaca-se o plano do governo federal de aproveitar os minerais estratégicos, como terras raras, lítio, silício e outros, como os chamados agrominerais (dispostos na categoria I da Resolução n.º 2), para o desenvolvimento econômico e a redução da dependência externa, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU). O texto também explora as complexidades das cadeias globais de valor (CGVs) e observa uma desaceleração no processo de globalização das cadeias produtivas (Posta, 2022) com a ascensão do *friendshoring* e do *nearshoring* como alternativas para o *reshoring*, considerando as mudanças geopolíticas recentes e os custos aprofundados de uma internalização de processos produtivos (Pope; Smith, 2023).

*Reshoring* é um termo que vem sendo recentemente empregado para indicar o processo de realocação de uma parte do fornecimento de insumos dentro de uma cadeia produtiva para mais perto. É a estratégia contrária a *offshoring*, que envolve o processo de realocação do fornecimento de insumos para longe do local de origem, visando à redução dos custos de produção (Capello; Dellisanti, 2024). Em geral, todas as práticas de *reshoring* envolvem processos de reorganização da produção por meio dos quais atividades previamente realizadas no exterior são transferidas para regiões mais próximas geograficamente ou com as quais os países mantêm maior densidade de laços econômicos e/ou políticos (*nearshoring* e *friendshoring*) ou, ainda, quando são novamente internalizadas no território nacional (*backshoring*).

O conceito de *friendshoring*, difundido nos últimos anos, refere-se à estratégia de realocação de cadeias produtivas e de fornecimento para países considerados aliados, ou seja, com os quais se compartilham laços políticos, econômicos ou estratégicos. Essa abordagem visa reduzir riscos geopolíticos e garantir maior estabilidade operacional em um cenário internacional marcado por tensões comerciais, conflitos e instabilidades. O termo surgiu em resposta às vulnerabilidades expostas pela pandemia de COVID-19 e pela guerra na Ucrânia. O *friendshoring* se diferencia do *nearshoring* (que prioriza a proximidade geográfica) e do *offshoring* (que busca a redução de custos) ao focar na segurança geopolítica e na estabilidade regulatória (Branccaccio; Califano, 2023). Por sua vez, o *nearshoring*, como informado anteriormente, envolve o deslocamento de cadeias produtivas para regiões geograficamente próximas (Capello; Dellisanti, 2024). Enquanto o conceito de *nearshoring* adquire importância ao se pensar a questão das cadeias de valor em nível regional, o *friendshoring* contrai importância estratégica para se analisar o papel do Brasil e, conseqüentemente, do Rio Grande do Sul, no novo cenário geopolítico, que tem como horizonte a reestruturação global das cadeias de valor com a transição energética.

Para refletir as mudanças nesse contexto de múltiplas transições e sucessivas crises, será abordado, inicialmente, o cenário macroeconômico e geopolítico atual, observando o novo impulso à transição energética e ao reposicionamento de países que, como o Brasil, detêm reservas significativas de minerais considerados críticos para essa transição. A seguir, serão analisadas as perspectivas de inserção do país



e do estado nesse cenário conjuntural, bem como os riscos ao meio ambiente e à segurança humana associados à extração de minerais críticos, considerando a promoção de projetos industriais verdes em âmbito nacional e, em particular, no estado do Rio Grande do Sul, no que concerne à transição energética. Com essa abordagem, enfatiza-se a necessidade de apoio estratégico por parte de políticas públicas e de medidas do lado da demanda para superar obstáculos de investimento, acelerar a descarbonização da economia nacional e minimizar os impactos ambientais. Com essa abordagem, a nota coloca sua atenção sobre a atual governança em torno dos minerais críticos e estratégicos nos âmbitos nacional e estadual.

Por fim, são apresentadas algumas recomendações estratégicas em termos de governança e formulação de políticas públicas destinadas a subsidiar a tomada de decisão do governo estadual para garantir uma transição energética justa, que tenha como objetivo “compartilhar a conta da transição para a energia de baixo carbono, através de uma estrutura de justiça social, na qual os custos sejam destinados de forma equitativa para os trabalhadores e garanta resultados positivos”, como observa a Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (Sema) do estado do Rio Grande do Sul. Ainda, segundo a mesma secretaria, o “principal mote da transição energética justa é ‘não deixar ninguém para trás’” (Rio Grande do Sul, 2025).

## **2 Contexto global: a transição energética e a geopolítica dos minerais críticos**

A transição energética global está redefinindo o cenário geopolítico do século XXI. O deslocamento das economias globais de sua tradicional dependência de combustíveis fósseis para fontes renováveis e tecnologias de baixo carbono decorre da urgência de mitigar as mudanças climáticas e reforçar a segurança energética. Historicamente, as regiões com maiores reservas fósseis coincidem com áreas de instabilidade política e conflitividade (Bednarski *et al.*, 2023). No entanto, o cenário geopolítico atual está mudando. O processo de descarbonização das economias e a crescente importância de minerais para as indústrias de alta tecnologia têm gerado novas tensões internacionais, associadas ao papel estratégico dos minerais críticos, como lítio, cobalto, níquel, cobre e terras raras, que são essenciais para baterias, turbinas eólicas e painéis solares (Veiga; Rios, 2017; OCDE, 2021).

A China desempenha um papel central nas cadeias globais de valor associadas à produção e ao refino desses minerais, essenciais para a transição energética global. Na última década, alicerçado no programa Made in China 2025, o país consolidou sua liderança global no refino desses insumos. Esse programa, lançado em 2015, representou uma estratégia ambiciosa do governo chinês para transformar sua base industrial e assumir a liderança global em setores de alta tecnologia. A iniciativa promoveu reformas institucionais, subsídios estatais e forte integração entre governo, indústria e academia. Como resultado, a China passou a dominar segmentos estratégicos das cadeias globais de valor, especialmente no refino de minerais críticos, como terras raras, gálio e germânio, considerados fundamentais para diversos setores, como defesa, energia e inovação tecnológica, o que intensificou tensões comerciais com os Estados Unidos e impulsionou esforços de diversificação das cadeias de suprimento.

Com a transição energética global e o crescente domínio chinês sobre as bases desse processo, configura-se uma verdadeira corrida por minerais críticos, acompanhada de medidas protecionistas e de uma reconfiguração das cadeias globais de valor. O caso mais visível é a disputa comercial entre Estados Unidos e China, em que os elementos de terras raras (ETRs) se tornaram pivôs de disputas tarifárias. Os ETRs compreendem um grupo de 17 elementos químicos cruciais para tecnologias modernas — de turbinas eólicas e veículos elétricos a LEDs, semicondutores e catalisadores, entre outros (Brasil, 2018)



## A liderança da China na transição energética

A China ocupa um papel central na transição energética global, liderando a produção de tecnologias de energia limpa — como painéis solares, baterias e veículos elétricos —, apoiada em décadas de investimento estatal e políticas industriais estratégicas e, também, no programa Made in China 2025, desenvolvido ao longo dos últimos 10 anos com vistas a consolidar a indústria de manufaturas inteligentes e setores de inovação. A Iniciativa Cinturão e Rota (BRI) complementa essa estratégia ao ampliar sua influência global por meio de investimentos em infraestrutura logística. Um dos principais trunfos da China nesse processo é seu quase monopólio dos ETRs, essenciais para indústrias de alta tecnologia e para a transição energética. Embora hoje detenha 48,9% das reservas desses elementos e 61% de sua produção mundial, é no refino que concentra sua maior vantagem, respondendo por cerca de 90% do total global (IEA, 2025; Hart, 2025). Essa capacidade tem sido mobilizada em disputas geopolíticas, como na crise com o Japão e na guerra comercial com os EUA (Xi Jinping's [...], 2025).

A ascensão econômica e a liderança da China intensificaram rivalidades geopolíticas com os Estados Unidos e seus aliados, sobretudo em torno dos minerais críticos. Enquanto a China busca diversificar cadeias globais de valor, promovendo o *nearshoring* e o *friendshoring* via BRI, os EUA e a União Europeia adotaram políticas de *backshoring* e proteção das cadeias produtivas internas, como o Inflation Reduction Act, o Chips and Science Act e o Critical Raw Materials Act (Chi, 2025; Brancaccio; Califano, 2023; Farrel; Newman, 2019). Essa disputa foi conceituada por Farrel e Newman (2019) como “interdependência armada”, na qual grandes potências exploram suas posições nas cadeias globais para fins estratégicos.

Na América Latina, a presença chinesa tem crescido desde o começo dos anos 2000, inicialmente sob a política Going Global e, depois, com a BRI (Schwantes *et al.*, 2023). O Brasil, embora não tenha aderido formalmente à iniciativa, tornou-se o principal destino dos investimentos chineses na região, absorvendo cerca de 47% do total entre 2005 e 2020, sobretudo nos setores de energia elétrica e petróleo e gás (Freitas; Borghi, 2024). Nas últimas décadas, destacam-se aportes em mineração, infraestrutura e tecnologia, incluindo mobilidade elétrica e semicondutores (Freitas; Borghi, 2024; Barbi; Brito, 2010). Essa trajetória revela uma estratégia adaptativa: se, até 2022, prevaleceram fusões e aquisições em setores tradicionais, a partir de 2023, os investimentos chineses se diversificaram em projetos *greenfield*, voltados para tecnologias verdes e digitais, em alinhamento com o plano Nova Indústria Brasil (NIB) (Freitas; Borghi, 2024; Brasil, 2024b). Esse novo ciclo foi consolidado com a declaração conjunta Brasil-China, de novembro de 2024 (Brasil, 2024d), que estabeleceu sinergias entre a BRI e estratégias brasileiras de desenvolvimento, como o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e o Plano de Transformação Ecológica (Brasil, 2024c).

Apesar do potencial, analistas alertam para riscos socioambientais e de soberania associados à crescente presença chinesa em setores estratégicos. No Chile, por exemplo, empresas chinesas têm investido em infraestrutura elétrica de alta capacidade, como o chamado Sistema de Transmissão de Corrente Contínua de Alta Tensão, conhecido pela sigla em inglês HVDC (high-voltage direct current), e na interconexão global de energia, o que levanta preocupações sobre dependência e concentração de capitais. Como observa Maia Seeger, da organização Sustentarse, “entregar o controle de um setor tão importante [...] a uma potência estrangeira me parece uma questão que precisa, no mínimo, ser discutida” (Seeger, 2025). Ela também critica a fragmentação da América Latina diante da China, que limita a capacidade de negociação regional e perpetua padrões de reprimarização, com investimentos concentrados



na extração mineral e custos socioambientais internalizados localmente. Seeger conclui sua fala afirmando que a ausência de mecanismos robustos de participação comunitária e transparência nos processos de aprovação de projetos agrava esse cenário, o que reforça a necessidade de maior protagonismo dos governos subnacionais na regulação e na fiscalização de modo a garantir uma transição energética justa e equitativa.

## Do global ao local: novas tendências

No cenário de reordenação das cadeias globais de valor impulsionado pela transição energética, os países da América do Sul vêm despertando atenção internacional por suas reservas significativas de cobre, lítio, prata, zinco, bauxita, níquel, grafita, magnésio e ETRs (IEA, 2025). O Brasil, em especial, detém a segunda maior reserva mundial de ETRs e depósitos relevantes de grafita e lítio. No entanto, em 2023, as exportações brasileiras de MCEs representaram apenas 1,3% do total mundial para o setor, destacando-se as exportações do grupo composto por nióbio, vanádio e tântalo (27%) e de alumínio (bauxita) (14,6%), estanho (6,4%), silício (5%), grafita (4,2%), manganês (3,2%), ouro (0,9%) e níquel (0,9%) (ADB; WTO, 2023).

Além disso, de acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA, 2025), o Brasil possui cerca de 19% das reservas conhecidas de ETRs. Apesar disso, conforme dados da U.S. Geological Survey (USGS, 2025), respondeu por somente 0,04% da produção global em 2023. Esse dado, somado ao panorama das exportações brasileiras em 2023, reforça o grande potencial para expandir a capacidade produtiva e a participação do país no comércio internacional de ETRs de forma responsável e sustentável, considerando a avançada legislação ambiental do país e a participação dos diversos setores da sociedade brasileira nesse processo. Observa-se, porém, que mudanças recentes no código de licenciamento ambiental aprovadas pelo Congresso brasileiro introduziram novos focos de tensão ao debate.

No caso do Rio Grande do Sul, nota-se que o estado dispõe de ativos estratégicos para participar da transição energética global, mas que enfrenta dilemas estruturais que exigem respostas coordenadas. A literatura sobre governança mineral sugere que a adoção de políticas industriais de longo prazo e de mecanismos de participação social e de rastreabilidade é fundamental para evitar padrões extrativistas e consolidar um modelo de desenvolvimento sustentável (Pope; Smith, 2023). Nesse sentido, a integração entre políticas estaduais e nacionais, bem como a articulação com atores globais, será determinante para posicionar o RS como polo regional de inovação verde.

## 3 Brasil e Rio Grande do Sul: o potencial dos MCEs na transição energética

O conjunto de condições descrito acima posiciona o Brasil como um ator-chave para uma diplomacia mineral voltada à promoção de economias verdes, ao desenvolvimento sustentável e à justiça climática (Muniz, 2025; Veiga; Rios, 2017; Brasil, 2022). A realização da 30.<sup>a</sup> Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP30) em Belém do Pará e a visibilidade do Brasil nas cadeias globais de minerais críticos oferecem uma oportunidade estratégica para o país assumir protagonismo em uma nova governança internacional sobre o tema. Essa conjuntura abre espaço para se avançar da exportação de *commodities* para a industrialização verde, com agregação de valor ao processo produtivo e inovação tecnológica (Ibram, 2025; Castro; Peiter; Góes, 2022).



Com efeito, o governo brasileiro tem buscado consolidar uma política soberana para o setor em crescente e rápida expansão. Atualmente, a política nacional tem sido voltada ao ganho de competitividade e à atração de investimentos. Entre as medidas recentes, sobressaem o Decreto n.º 9.406, de 2018, que regulamenta o Código de Mineração; o Programa Mineração para Energia Limpa (conhecido como MEL), lançado em 2024 pelo MME, prevendo estímulos ao mapeamento geológico, financiamento de projetos e incentivo à participação de pequenas empresas; e a criação da Divisão de Minerais Críticos e Estratégicos na Agência Nacional de Mineração (ANM), voltada a monitorar tendências globais, produzir informações estratégicas e diagnosticar a cadeia produtiva, conferindo maior transparência ao processo de acordo com as normas internacionais. Em paralelo, em 2024, o MME instituiu a Política Nacional de Minerais Críticos e Estratégicos (PNMCE), que busca orientar de forma integrada as ações do setor.

Durante o lançamento do Programa MEL, no seminário Mineração e Transformação Mineral de Minerais Estratégicos para a Transição Energética, em fevereiro de 2024, o ministro de Minas e Energia, Alexandre Silveira, destacou a necessidade de conectar o setor mineral à agenda de transição energética global: “Não existe transição energética sem mineração. [...] No cenário global de descarbonização e transição energética, temos uma grande oportunidade para atrair investimentos no setor mineral brasileiro e destacar nosso papel de liderança global para um mundo mais verde” (Brasil, 2024e).

Como atestou o ministro, o Brasil dispõe de condições únicas para se projetar como protagonista na governança global dos minerais críticos, articulando sua agenda interna de desenvolvimento sustentável com uma estratégia diplomática voltada à transição energética justa e responsável. Em âmbito subnacional, o Rio Grande do Sul apresenta potencial estratégico para o desenvolvimento industrial vinculado ao processo de transição energética, impulsionando a produção e o uso de hidrogênio verde (H<sub>2</sub>V), o desenvolvimento de pesquisas sobre métodos alternativos para o uso do carvão mineral — como a captura de carbono (CO<sub>2</sub>) e a carboquímica como tecnologia de transição —, bem como o aprofundamento de sua participação no desenvolvimento de produtos industriais utilizados na geração de energia limpa e renovável (solar, eólica e hidráulica).

Contudo, nota-se que o estado tem à sua frente o desafio de incorporar suas consideráveis reservas de carvão mineral ao processo a partir do Plano de Transição Energética Justa (TEJ), atualmente em desenvolvimento no RS, o que será brevemente explorado em sessão subsequente.

Com as mudanças climáticas impondo elevados custos materiais e humanos ao planeta nas últimas décadas, a transição energética tornou-se uma questão estrutural urgente para as economias globais. Esse processo exige não apenas o compromisso político das autoridades responsáveis por sua regulamentação e seu monitoramento, com metas climáticas bem delineadas e diretrizes claras de implementação, como também uma “base material sólida e complexa” (Ibram, 2025). A descarbonização das economias, considerada essencial para enfrentar a crise climática, depende diretamente da expansão do uso de novas tecnologias, como turbinas eólicas, painéis solares, baterias, veículos elétricos e redes inteligentes. Todas essas tecnologias, associadas à produção de energia limpa e renovável, implicam um aumento significativo da demanda por minerais críticos, insumos fundamentais para viabilizar a descarbonização das economias modernas (Guitarrari *et al.*, 2024). Segundo o *green paper* elaborado pelo Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram, 2025), o “Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) do Brasil estima que, entre 2024 e 2034, o uso de minerais na matriz elétrica crescerá 54%, enquanto a capacidade instalada aumentará 35%”.



Essa base material é, portanto, a espinha dorsal de uma reestruturação das CGVs, que se tornaram centrais para garantir a segurança energética e tecnológica das economias em seus diferentes estágios de desenvolvimento. As CGVs distribuem tarefas de pesquisa e desenvolvimento (P&D), produção e comercialização entre vários países, em um processo de hiperespecialização que gera valor agregado em cada etapa — da atividade extrativista à indústria de transformação em seus diversos estágios, incluindo o processamento e o refino dos minérios até os produtos das indústrias químicas e metalúrgicas. Contudo, desde a crise financeira de 2008-2009, sua expansão foi limitada por alguns fatores, como a desaceleração do crescimento global, o aumento do protecionismo, as guerras comerciais e tecnológicas e o acirramento das tensões geopolíticas (Posta, 2022; Solingen; Meng; Xu, 2021).

Nesse contexto, o setor de mineração vem ganhando protagonismo ao assumir um papel estratégico não apenas por apoiar materialmente a transição energética e o desenvolvimento econômico sustentável, como também por ser importante para áreas cruciais, como a defesa e as novas tecnologias da informação. Os minerais críticos — também chamados minerais de alta tecnologia, minerais portadores de futuro ou minerais verdes — são essenciais para a geração de energias renováveis e para o desenvolvimento de altas tecnologias, como a produção de semicondutores. Além de críticos, esses minerais são considerados — em grande medida — estratégicos para as economias nacionais, já que conferem vantagens competitivas aos países que detêm tais recursos (De Tomi; Loredó; Santos, 2024). O Brasil, nesse contexto, encontra-se em uma posição singular. Segundo a USGS em seu relatório **Mineral Commodity Summaries 2025**, o país possui algumas das maiores reservas desses minerais do mundo, mas, de acordo com a base de dados Trade in Critical Minerals (ADB; WTO, 2023), sua participação nas exportações de MCEs e produtos derivados representou apenas 1,3% das exportações mundiais em 2023.

Apesar de seu reconhecido potencial, o Brasil ainda carece de uma política nacional clara e consolidada para a produção e o uso de MCEs, embora o tema venha ganhando maior destaque no cálculo de interesses nacionais. Com isso, ainda que a estratégia nacional para o setor de mineração não tenha evoluído muito ao longo do século XX, começou a receber maior atenção a partir da segunda década do século XXI, com a elaboração do Plano Nacional de Mineração (PNM) e de um novo marco regulatório para o setor em virtude do impulso global à transição energética. Observa-se que a Política Nacional para Minerais Críticos e Estratégicos se encontra em desenvolvimento pelo CTAPME. No entanto, pressões recentes do governo de Donald Trump, atual presidente dos Estados Unidos, ao impor tarifas de 50% às exportações brasileiras, um episódio conhecido como tarifaço, introduziram novos pontos de tensão e complexidade ao desenvolvimento de uma política mineral soberana (Brasil, 2025a; Garcia Júnior, 2025).

## Oportunidades para o Brasil

O Brasil, com seu vasto e diversificado potencial geológico — incluindo reservas de grafita, terras raras, níquel, nióbio, bauxita, minério de ferro e manganês —, encontra-se em posição estratégica para desempenhar um papel central na transição energética global. Em meio às tensões comerciais, os MCEs brasileiros se tornaram peças-chave nas negociações com os Estados Unidos, especialmente após o aumento adicional de 40% nas tarifas impostas às exportações brasileiras para aquele país (estipuladas em 10% em abril de 2025), levando diversos setores nacionais (inclusive o mineral) a pressionarem o governo de Luís Inácio “Lula” da Silva, atual presidente do Brasil, por uma saída negociada com o governo de Donald Trump (Barros, 2025).



Nesse novo cenário internacional, o país reúne três vantagens fundamentais: um potencial geológico diversificado, uma matriz elétrica de baixa emissão de carbono e uma legislação ambiental sofisticada. Para o Ibram, esse tripé cria condições para que o Brasil adote estratégias como o *powershoring* e o *friendshoring*, aprofundando parcerias com países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China, África do Sul, Irã, Arábia Saudita, Egito, Etiópia, Emirados Árabes Unidos e Indonésia) e do Mercado Comum do Sul (Mercosul) a fim de formar cadeias de suprimentos mais estáveis e confiáveis (Ibram, 2025).

Uma característica que distingue as cadeias produtivas de minerais críticos (como as terras raras) das de minerais tradicionalmente exportados em bruto (como o minério de ferro e a bauxita) é a complexidade tecnológica do beneficiamento e do refino, que incorporam etapas de separação físico-química intensivas em energia, reagentes e capital, com riscos ambientais, logísticos e de segurança significativos. Em termos de mineralogia, os elementos de terras raras possuem propriedades químicas muito semelhantes entre si, o que torna a separação individual e a purificação extremamente desafiadoras e dependentes de processos especializados de flotação, *cracking* e extração por solventes; portanto, não podem ser tratados de forma genérica como um concentrado simples de minério bruto. Esse conjunto tecnológico especializado — que inclui circuitos de britagem, concentração, extração química e separação fina — tende a justificar economicamente a localização do beneficiamento/refino próximo ao local de extração, o que reduz custos de transporte de intermediários de alto risco (dano ambiental) e facilita a gestão dos resíduos e dos efluentes gerados pelas etapas de processamento (Zapp *et al.*, 2022).

Seguindo esse exemplo, revisões sistemáticas dos impactos ambientais da extração e da purificação de terras raras documentam o uso de reagentes ácidos e os desafios do manejo de rejeitos radioativos e tóxicos, destacando que esses fatores elevam o custo logístico e regulatório quando os intermediários precisam ser deslocados para grandes distâncias. Esses aspectos técnicos juntam-se a considerações de política industrial: dada a concentração global da capacidade de separação e refino (aproximadamente 90% da capacidade global de separação de terras raras concentram-se em poucos países, em particular, na China) e o rápido aumento da demanda por metais críticos em tecnologias de energia limpa e defesa, políticas de incentivo à verticalização da cadeia produtiva (incluindo restrições à exportação de minério bruto e investimentos em refino doméstico) estão se tornando centrais para captar mais valor agregado e reduzir dependências externas (Andrews-Speed; Hove, 2023). Isso difere notavelmente de setores como os de minério de ferro e bauxita, em que a economia do transporte de minério bruto para refinarias integradas em outros países tem sido historicamente dominante. Juntas, evidências técnicas, ambientais e de política industrial sustentam a hipótese de que o refino de minerais críticos tem justificativas pragmáticas e estratégicas que favorecem sua realização próxima à mineração, ou seja, a colocação produtiva agrega valor ao produto a ser exportado em oposição ao padrão de exportar o minério bruto para posterior transformação em outro país.

A exigência técnica e econômica de uma maior proximidade entre a mineração e o processamento de minerais críticos, como no caso dos ETRs, cria um conjunto ambivalente de oportunidades e riscos para os países detentores dessas reservas. Por um lado, a internalização das etapas de beneficiamento e refino permite avançar na cadeia de valor, substituindo a exportação de minério bruto pela venda de produtos intermediários ou finais de maior conteúdo tecnológico, o que tem impactos positivos na geração de renda, na qualificação do emprego e na arrecadação fiscal. Esse movimento tende também a ampliar os efeitos de transbordamento tecnológico, na medida em que o domínio dos processos de separação, purificação e metalurgia fina exige aprendizado cumulativo, formação de capital humano especializado e interação entre empresas, universidades e centros de pesquisa, favorecendo a difusão de conhecimento



para outros segmentos industriais. Por outro lado, esses ganhos potenciais vêm acompanhados de riscos significativos, sobretudo ambientais, uma vez que a mineração e especialmente o processamento químico de terras raras envolvem o uso intensivo de reagentes agressivos, uma elevada geração de rejeitos e efluentes tóxicos e, em alguns casos, a presença de elementos radioativos associados, o que aumenta substancialmente os custos de controle, monitoramento e remediação ambiental. A esses riscos somam-se desafios adicionais, como a alta intensidade de capital dos projetos, a dependência de mercados globais ainda relativamente concentrados e voláteis, a possibilidade de enclaves produtivos com fraca articulação local e o risco de captura regulatória ou flexibilização indevida de normas ambientais em nome da competitividade. Dessa forma, embora a proximidade entre mineração e processamento represente uma janela concreta de desenvolvimento para países com grandes reservas, o sucesso de sua materialização depende da capacidade institucional de internalizar os ganhos econômicos e tecnológicos e de, ao mesmo tempo, mitigar de forma rigorosa os riscos ambientais, sociais e econômicos inerentes a essas cadeias produtivas.

Em suma, o destacado potencial brasileiro abre caminho para que o país se torne um *hub* industrial da transição energética na América do Sul, fabricando insumos para novas tecnologias com recursos extraídos localmente. Isso pode fortalecer o valor agregado de produtos incluídos em sua matriz de exportações e reduzir a dependência de mercados distantes e voláteis. No entanto, tal oportunidade depende de investimentos consistentes em pesquisa geológica e química, em inovação tecnológica, em capacidade de processamento mineral no território nacional e no aprimoramento das infraestruturas logísticas. Considerando que a diversificação de fornecedores tende a elevar custos, serão necessárias políticas de incentivo, de redução de riscos e de apoio estatal para atrair capital e garantir competitividade. Atualmente, o país mantém parte significativa de sua participação nas cadeias produtivas de MCEs centradas na exportação de matérias-primas minerais, com a importação de produtos de maior valor agregado. No entanto, alguns dos produtos de maior valor agregado incluídos na pauta de importações também poderiam ser produzidos internamente dadas as capacidades locais e o facilitado acesso aos recursos críticos aqui discutidos.

Por exemplo, ao considerarem-se os minerais com aplicação em produtos e processos de alta tecnologia (Grupo II), fundamentais para a produção de energia limpa, para a indústria eletrônica, para a indústria aeroespacial e para a saúde e a defesa, como o cobre, a grafita, o lítio, o nióbio, o níquel, o silício, o tântalo, o vanádio e as terras raras, observa-se que o Brasil possui reservas significativas de alguns minerais dentro dessa categoria, mas que sua capacidade de produção ainda é limitada. O lítio, em particular, é considerado o pilar da transição energética. O Brasil detém aproximadamente 8% das reservas mundiais e cerca de 4,2% da produção global desse mineral (USGS, 2025). Contudo, suas exportações alcançaram US\$ 302,58 milhões. Em contrapartida, as importações brasileiras de lítio atingiram US\$ 657,76 milhões, o que representou um saldo negativo de US\$ 355,18 milhões em 2024 (Bezerra, 2025).

Vale destacar que movimentos em favor de uma reindustrialização verde já estão em curso em relação aos bens minerais em que o país detém vantagens comparativas (Grupo III) e que são considerados essenciais para a economia dada a sua participação na geração de superávit na balança comercial, incluindo alumínio (bauxita), cobre, ferro, grafita, ouro, manganês, nióbio e urânio. O Brasil concentra 98% das reservas mundiais de nióbio, usado em ligas metálicas, supercondutores, turbinas e baterias (USGS, 2025). Em 2024, as exportações de nióbio, que envolviam, na maioria, bens da indústria de transformação mineral, alcançaram US\$ 2.379,91 milhões, com um saldo positivo de US\$ 2.366,61 milhões na balança comercial brasileira, puxado pela indústria de transformação mineral (Bezerra, 2025). No mesmo ano, as



exportações de bauxita (matéria-prima do alumínio) somaram US\$ 5.572,38 milhões e, novamente, o destaque foi para as exportações advindas da indústria de transformação (USGS, 2025). Na mesma linha, o cobre, considerado fundamental para a eletrificação e para as infraestruturas de redes inteligentes, representou uma parcela significativa das exportações brasileiras de MCEs, totalizando US\$ 5.048,01 milhões. Esse elemento ainda desempenha um papel estratégico na transição energética e na expansão das redes inteligentes, tratando-se de um produto com alta demanda global e, por esse motivo, ao mesmo tempo que esteve entre os principais minérios de exportações em 2024, também ocupou lugar entre os principais minerais importados, somando US\$ 3.123,67 milhões (USGS, 2025).

Assim, uma vantagem estratégica do Brasil reside em sua possibilidade de agregar valor aos recursos que hoje exporta majoritariamente como matéria-prima. No entanto, embora seja um dos maiores exportadores de cobre, alumínio (bauxita), manganês, nióbio e vanádio, o país continua dependente da importação de produtos industrializados, como folhas de alumínio e derivados de lítio, o que revela uma assimetria entre seu potencial geológico e seu nível de industrialização. O desafio, neste momento, é avançar rumo à chamada reindustrialização verde, alinhada à ambição nacional de reposicionar sua economia em cadeias de valor de baixo carbono.

Nesse processo, o país pode buscar a consolidação de sua liderança na governança global da transição energética. Atualmente, Brasil ocupa a 15.<sup>a</sup> posição no Índice de Transição Energética, à frente de várias nações desenvolvidas, segundo o Fórum Econômico Mundial (WEF, 2025). Tal protagonismo, ancorado em sua matriz diversificada e em suas reservas minerais, fortalece o papel de liderança na formulação de uma diplomacia mineral baseada em mineração responsável, rastreabilidade e critérios socioambientais transparentes. Esse posicionamento ganhou força com a presidência brasileira do Grupo dos 20 (G20) em 2024 e a realização da COP30 em Belém, no estado do Pará, em novembro de 2025, oferecendo plataformas privilegiadas para articular um pacto global em torno dos minerais críticos e de uma transição energética justa (Guitarrari *et al.*, 2024). Nessa linha, o Novo Brasil — Plano de Transformação Ecológica, lançado pelo governo federal durante a Conferência do Clima em Dubai (COP28), em 2023, reforça essa estratégia ao criar ferramentas para atrair capital verde, identificar projetos associados ao uso de MCEs e promover certificação e *branding* verde, com potenciais marcas como “aço verde”, “cobre amazônico sustentável” e “lítio brasileiro responsável”.

Além disso, a combinação da abundância de recursos renováveis, da qualidade do petróleo do pré-sal e da relativa estabilidade política e diplomática amplia o peso geopolítico do Brasil, tornando-o um destino atraente para investimentos estrangeiros, sobretudo chineses, em setores de energia e infraestrutura sustentável (Silva; Silva; Souza Gaia, 2024). A nova geopolítica da energia de baixo carbono, marcada pela busca de segurança energética e pela reorganização das cadeias globais, tende a fragmentar ainda mais o sistema internacional, dividindo blocos como o Grupo dos Sete (G7) e o BRICS em trajetórias distintas de transição. Nesse contexto, o *friendshoring* surge como alternativa para reposicionar o Brasil, que pode formar redes de suprimento mais estáveis e variadas, aproveitando a corrida ocidental por MCEs para reduzir a dependência da China para a importação de insumos e, ao mesmo tempo, diversificando sua matriz de exportações com esse e outros parceiros comerciais. Entretanto, essa oportunidade traz também riscos, já que exigirá do país habilidade para navegar entre a rivalidade EUA-China e firmeza para sustentar uma política externa independente (Posta, 2022; Pope; Smith, 2023).



## Vantagens estratégicas e oportunidades para o país

O Brasil, como discutido anteriormente, está posicionado para desempenhar um papel crucial na transição energética global. O país reúne três fatores-chave: diversidade geológica, matriz elétrica de baixa emissão de carbono e legislação ambiental sofisticada (Ibram, 2025). Tendo como pano de fundo as tensões comerciais em um contexto global e as tensões políticas bilaterais com o governo dos Estados Unidos desde que Donald Trump assumiu a presidência (janeiro de 2025), os minerais críticos e estratégicos se tornaram centrais para as negociações com aquele país. Setores nacionais ligados à mineração chegaram a pressionar o governo brasileiro por um acordo para reverter o tarifaço. Destacam-se, a seguir, as principais oportunidades para a inserção nacional nesse contexto:

- posicionamento estratégico: a riqueza mineral e a matriz energética limpa (88% renovável) reforçam a atratividade para investimentos do tipo *greenfield* e em *powershoring*;
- agregação de valor: o Brasil é um grande exportador de ferro, manganês, tântalo, nióbio e bauxita, mas ainda importa uma grande variedade de produtos industrializados do setor, como alumínio laminado e derivados de lítio. Essa assimetria compromete a segurança mineral e a soberania econômica. O país pode superá-la com industrialização local para o refino e o processamento desses minerais, alinhando-se ao impulso global por uma reindustrialização verde;
- liderança em governança: o país tem a capacidade de liderar uma diplomacia mineral baseada em mineração responsável, rastreabilidade e critérios socioambientais, aderindo à Extractive Industries Transparency Initiative (EITI Standard). A rastreabilidade e a responsabilidade socioambiental não são apenas requisitos éticos, mas instrumentos estratégicos para transformar recursos naturais em vantagem competitiva, posicionando o Brasil como fornecedor confiável em cadeias globais que exigem transparência e baixo impacto ambiental;
- vantagem geopolítica: a matriz energética renovável, o petróleo de alta qualidade do pré-sal, a relativa estabilidade política e a tradição de neutralidade diplomática ampliam a influência brasileira na América Latina e atraem investimentos externos, sobretudo chineses, em energia sustentável e infraestrutura (Silva; Silva; Souza Gaia, 2024). Dado o ritmo distinto da transição entre as potências industrializadas do G7 e os países vinculados ao BRICS, a nova geopolítica de baixo carbono está reconfigurando alianças e ampliando a fragmentação geoeconômica. Nesse cenário, o *friendshoring* surge como oportunidade de inserção, mas exige do Brasil equilíbrio entre a rivalidade EUA–China e a manutenção de uma política externa independente.

## Riscos e desafios para o Brasil

Às vantagens e aos custos de oportunidade se atrelam riscos conjunturais e estruturais persistentes, que representam desafios tanto históricos quanto contemporâneos. Como será discutido a seguir, as cadeias globais de MCEs são altamente concentradas, com a China liderando o processamento e reforçando a dependência tecnológica mundial, enquanto o Brasil, apesar de ter grandes reservas, carece de políticas robustas para agregar valor e negociar tecnologia. O país enfrenta desafios, como gargalos logísticos, burocracia, mineração ilegal e vulnerabilidades socioambientais, especialmente na Amazônia, que comprometem sua competitividade e sua legitimidade na transição energética.

Para o Brasil, a configuração atual das cadeias globais de MCEs impõe limitações relevantes. As cadeias globais de MCEs permanecem altamente concentradas, com a China, os Estados Unidos e, em



menor escala, a Austrália, a Indonésia, a África do Sul e o Chile destacando-se na exportação e no processamento desses minerais (Pope; Smith, 2023; Lee et al., 2024). O refino chinês de cobalto e terras raras reforça a dependência tecnológica e comercial global. Nesse cenário, embora o Brasil possua a segunda maior reserva de terras raras (23%), atrás apenas da China (49%), carece de políticas robustas de barganha e de transferência de tecnologia em acordos com investidores (Brasil, Balanço Social, 2021; Richard et al., 2023).

Segundo Ricardo Kotz (2025), pesquisador da Universidade de Hong Kong, “não tem como escapar da China [...] pela preponderância que eles têm nessas tecnologias”. Ele defende que o Brasil precisa de uma política de Estado de longo prazo para a China, que reduza a volatilidade de políticas governamentais e aumente a capacidade de negociação. Também destaca a importância de atrair investimentos via *powershoring*, aproveitando a matriz elétrica renovável como vantagem competitiva para atrair empresas chinesas em setores de produção/exportação de veículos elétricos, painéis solares e baterias. O economista sugere um foco inicial no desenvolvimento da produção interna de tecnologias já importadas em grande volume, como painéis solares, e em setores em que o país já possui capacidades, como turbinas eólicas.

A carência de processamento intermediário e final limita a agregação de valor, mantendo o país como exportador de *commodities* (Irena, 2024). Para o Ibram (2025), como destacado anteriormente, superar essa lacuna exige investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), logística e políticas de incentivo que reduzam riscos e apoiem a industrialização local. Portanto, o Brasil enfrenta, e precisa superar, os seguintes desafios:

- gargalos logísticos e burocráticos: apesar de iniciativas como o Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Minerais Estratégicos e o PNM 2050, do governo federal, persistem dificuldades de coordenação governamental, restrições fiscais e falta de políticas consistentes de longo prazo (Pope; Smith, 2023). A infraestrutura deficiente, a burocracia regulatória complexa e a instabilidade institucional afetam a competitividade nas CGVs. A aprovação tardia do novo Código de Mineração (2018) e a ausência de uma política nacional consolidada para MCEs reforçam o risco de o país repetir padrões extrativistas. Iniciativas como o Programa Mover (Brasil, 2024a) e o Nova Indústria Brasil (2024-2026) apontam oportunidades de reindustrialização verde, mas ainda em estágio inicial;
- mineração ilegal (e/ou ilícita): representa uma violação direta da legislação vigente e é um desafio para a governança e a sustentabilidade do setor mineral. A prática está associada a impactos ambientais severos, como o desmatamento, a contaminação de recursos hídricos, a destruição de ecossistemas e a emissão de poluentes. Ao mesmo tempo, tem sido responsável pelo aumento de conflitos territoriais, especialmente em áreas indígenas, quilombolas e ribeirinhas, visto que não há uma consulta prévia às comunidades tradicionais que habitam esses territórios, nem é determinada a responsabilidade para a mitigação de danos socioambientais. A ausência de rastreabilidade e controle público da cadeia mineral favorece a entrada de minerais ilegais no mercado formal, comprometendo a reputação internacional do Brasil e dificultando a conformidade com exigências regulatórias, como o Critical Raw Materials Act, da União Europeia. Assim, a mineração ilegal é considerada um importante desafio para a Agência Nacional de Mineração, que, apesar das pressões com o aumento dessa atividade, encontra limitações orçamentárias e de pessoal que dificultam a fiscalização efetiva;



- vulnerabilidades ambientais e sociais: cerca de 30% dos depósitos de MCEs do Brasil estão na Amazônia Legal, o que aumenta riscos de desmatamento, poluição, conflitos e violações de direitos indígenas (Pope; Smith, 2023). Sem governança adequada, a legitimidade da transição energética pode ser comprometida (Veiga; Rios, 2017; Brasil, 2022).

Seeger (2025) alerta que a pressão por investimentos verdes tende a fragilizar padrões socioambientais, como ocorreu no Chile, onde grandes projetos de mineração reduziram o espaço de participação das comunidades locais. Ela defende o fortalecimento de mecanismos como o EITI Standard e o Acordo de Escazú, da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (Cepal), para assegurar transparência e controle social. Já o relatório **Minerais críticos e estratégicos do Brasil em um mundo em transformação** (2023), do Instituto Igarapé, destaca que políticas de MCEs frequentemente priorizam interesses econômicos em detrimento de questões socioambientais e que, sem apoio do Estado ou de um mercado robusto, dificilmente o setor privado investirá no processamento da produção em estágios intermediários (*midstream*) e finais (*downstream*). Ressalta-se, dessa forma, a necessidade de promover o consenso social sobre a proteção do meio ambiente e da cultura na exploração mineral (Pope; Smith, 2023) para oferecer segurança jurídica aos investidores e, ao mesmo tempo, promover a participação social e o monitoramento de boas práticas no setor.

Em síntese, a transição energética global está remodelando a geopolítica mundial, com a China em posição dominante nas cadeias de MCEs e em disputa direta com os EUA e seus aliados. O Brasil, por seu turno, possui recursos e matriz energética que o colocam como um ator relevante nessa nova etapa de industrialização, mas enfrenta desafios históricos de dependência tecnológica, gargalos logísticos e riscos socioambientais. Para evitar repetir padrões de extrativismo verde, é essencial adotar políticas de longo prazo, ampliar a agregação de valor e fortalecer a governança socioambiental.

## Oportunidades e riscos para o Rio Grande do Sul

O Rio Grande do Sul se destaca pela descoberta recente de depósitos ígneos de fosfato em Lavras do Sul. O projeto Fosfato Três Estradas, da empresa Águia Fertilizantes, com atividades em Lavras do Sul, atualmente em fase de desenvolvimento, reforça o papel do estado nas cadeias de MCEs, com o potencial de reduzir vulnerabilidades associadas à dependência de importações de fosfato, que, em 2023, gerou um saldo negativo de US\$ 5.725,53 milhões na balança comercial brasileira (Bezerra, 2025; Silva; Silva; Souza Gaia, 2024). No entanto, em 2024, o estado deteve apenas 0,13% do total das exportações brasileiras de minerais críticos, destacando-se nas exportações de cobre, alumínio, prata e chumbo (Brasil, 2025b). Observa-se que o RS tem uma participação pequena, porém estratégica, na exportação de produtos de maior valor agregado associados ao setor, como aquecedores solares de água, sistemas de armazenamento de energia, partes de turbinas hidráulicas, geradores elétricos de corrente alternada, células fotovoltaicas, baterias de lítio, semicondutores, etc. (Brasil, 2025b). Em conjunto, esse quadro demonstra a capacidade do estado de participar das cadeias de produção e fornecimento de MCEs com produtos de maior valor agregado ao mesmo tempo que indica sua capacidade de participar do processo de expansão produtiva dos MCEs, particularmente no que tange aos chamados agrominerais, como enxofre, fosfato e potássio. A seguir, são explorados em maior profundidade os desafios e as oportunidades que o cenário atual apresenta ao estado.

No Rio Grande do Sul, segundo reportou o Departamento de Mineração da Sema, a atividade mineral movimentou mais de R\$ 2,8 bilhões em valor de produção mineral comercializada, o que representava 2,3% da indústria estadual em 2023. Em comparação com as demais unidades federativas, o



estado ocupa a 9.<sup>a</sup> posição entre os produtores de bens minerais, entre os quais destacam-se o carvão mineral, as rochas britadas, a água mineral, o calcário e a areia. Segundo Otávio P. de Lima, diretor do Departamento de Mineração, o estado possui um grande potencial de crescimento nesse setor. De acordo com ele, “Nos últimos anos, novas áreas têm atraído investidores, e os avanços nas pesquisas minerais indicam perspectivas promissoras para o futuro da mineração no estado” (Lima, 2025).

Refletindo a recente expansão do setor, o relatório **Radiografia da mineração gaúcha 2024 — ano base 2023** indica requerimentos ativos para lavra e pesquisa em exploração de fosfato, cobre, titânio, ouro e, em menor escala, ferro, manganês e terras raras. Entre esses, destacam-se os depósitos de fosfato do projeto Fosfato Três Estradas (da empresa Águia Fertilizantes) e de ouro (da empresa Lavras do Sul Mineração), em Lavras do Sul, e a mineração de cobre do Projeto Mina Primavera (da Votorantim Metais), em Caçapava do Sul, onde também se iniciou, recentemente, pesquisa para a exploração de terras raras (Lima, 2025).

Apesar do potencial para a exploração desses minérios no âmbito de uma nova política setorial para o estado calcada nos atuais padrões de sustentabilidade que regem o setor, o principal minério extraído no Rio Grande do Sul continua sendo o carvão mineral, responsável por 30% da arrecadação total da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) no estado, em 2024, o que equivale a R\$ 10,9 milhões de um total de R\$ 36,383 milhões. Observamos que esses números apontam uma leve queda em comparação com os do ano anterior, quando o carvão mineral respondia por 39% (R\$ 12,7 milhões) do total arrecadado pela CFEM. A diminuição do total arrecadado em 2024 pode — em parte — ser explicada pelos eventos climáticos que paralisaram uma parcela da produção. Apesar de não ser considerado um MCE para o país, o carvão mineral — essencial para a operação das usinas termoeletricas e as indústrias de construção civil que atuam na região — tem sido considerado um mineral estratégico para a economia estadual, particularmente para o Baixo Jacuí e a Campanha, regiões historicamente dependentes da atividade carbonífera.

Ao focar-se apenas nos minerais críticos e estratégicos, como disposto pelo governo federal por meio da Resolução n.º 2 do CTAPME (MME), o RS não é um exportador relevante para nenhum desses produtos, mas há registro de exportações significativas de ouro, cobre e níquel, considerando misturas e resíduos, o que denota uma possível produção mineral, refino e/ou processamento desses minerais no estado. No entanto, o RS importa produtos de maior valor agregado que utilizam intensamente os MCEs, como chapas, tiras e ligas de alumínio, além de tubos e outros acessórios de cobre refinado. Todos esses são considerados importantes insumos para a produção das novas tecnologias essenciais à transição energética, como as células fotovoltaicas, que constituem a base dos painéis solares, e os sistemas de armazenamento de energia, ambos também presentes na pauta de exportações do estado, ainda que em uma escala significativamente menor (Brasil, 2025b).

No atual contexto de transição energética global e redefinições geopolíticas, o Rio Grande do Sul, com poucas reservas de minerais críticos conhecidas até o momento, têm à sua frente um grande desafio: tornar-se atraente para investimentos diretos estrangeiros a fim de alavancar o processo de transição energética nos diversos setores-chave de sua economia, integrando-se às emergentes cadeias de valor verdes. Por cadeias de valor verdes, faz-se referência às redes de produção e fornecimento de materiais e tecnologias essenciais para uma economia de baixo carbono, como no caso dos veículos elétricos, dos sistemas de energia renovável e da agricultura sustentável (Ibram, 2025). O estado, ainda que contribua com uma parcela pequena das exportações nacionais desse setor, vem apoiando investimentos consistentes para desenvolver energias renováveis, como o hidrogênio verde, discutido a seguir. Portanto, a



política estadual para o uso de minerais críticos e estratégicos impõe uma abordagem multifacetada, focada em alavancar o potencial geológico, promover o desenvolvimento socioeconômico e atrair investimentos, integrando sustentabilidade e transição energética.

O Plano Estadual de Mineração se encontra em fase de elaboração, mas, antes dele, importantes avanços já haviam sido feitos, como a criação do Comitê de Planejamento de Mineração do Estado do Rio Grande do Sul (Comergs) em 2015. Em 2023, ano em que a Sema instituiu o grupo de trabalho sobre remineralizadores, o Comitê foi atualizado. Adicionalmente, em 2020, passou a vigorar o Código Estadual do Meio Ambiente, que reforça a necessidade de uma análise integrada da viabilidade ambiental sobre as atividades minerárias.

Com o crescente interesse sobre o tema e incentivos a P&D nessa área, diversos centros de pesquisa, universidades e empresas vêm buscando explorar o potencial da região em reservas de minerais críticos, incluindo os elementos de terras raras. A título de exemplo, destaca-se o estudo conduzido por três universidades gaúchas, a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e a Universidade do Pampa (Unipampa), que identificaram rochas com alta concentração de elementos de terras raras em Caçapava do Sul, na Região Central do Rio Grande do Sul (Romagna, 2025). A parceria entre governo, empresas e universidades, conhecida como tríplice hélice, também é observada em propostas que unem incentivos e investimentos públicos em pesquisa aplicada para a promoção do desenvolvimento econômico local e em redução dos passivos ambientais em regiões carboníferas. Nesse sentido, aponta-se o estudo do Centro Tecnológico SATC, em Santa Catarina, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (Fapesc), que busca estudar a possibilidade de extração de terras raras dos resíduos produzidos por mineração de carvão, especialmente pela chamada DAM (drenagem ácida de mina), que produz um resíduo altamente poluente que caracteriza um dos principais passivos ambientais desse tipo de operação (Padoin, 2025).

Nota-se, ainda, que o aumento das arrecadações de CFEM entre 2010 e 2025 denota uma expansão gradual do setor mineral no Rio Grande do Sul, encabeçada, em grande medida, pelo carvão mineral, embora os MCEs participem de forma cada vez mais significativa dessa equação. A informação foi destacada no relatório **Radiografia da mineração gaúcha 2024 — ano base 2023**, fazendo eco ao atual *boom* da mineração em território nacional. Além disso, segundo os dados disponibilizados pela Agência Nacional de Mineração, há, atualmente, 78 empresas no estado que solicitaram autorização de pesquisa (82), concessão (12) ou requerimento de lavra (11) ou que estão em processo de licenciamento e/ou licenciadas (4). Em sua maioria, os processos de mineração dos MCEs, no RS, envolvem cobre, ouro, dolomito e magnesita, titânio, fosfato e terras raras. Contudo, a exploração de terras raras aparece apenas em processos de autorização à pesquisa, e ainda está em análise a viabilidade econômica de sua exploração.

## Minerais críticos e transição energética no RS

O Rio Grande do Sul ocupa uma posição notável no debate sobre minerais críticos e transição energética. Ao mesmo tempo que concentra um número pequeno de reservas estratégicas em relação ao território nacional e a 9.<sup>a</sup> posição no total de produção mineral, o estado tem sua participação equilibrada quando o assunto é a expansão da mineração de MCEs. Não obstante, enfrenta dilemas históricos ligados à reprimarização e à dependência de fontes fósseis, além de desafios envolvendo questões de licenciamento ambiental, como o monitoramento e a fiscalização de projetos em implementação, a fim de



garantir a transparência e o acesso à informação em todas as etapas do processo. A forma como o estado enfrentará esses desafios determinará sua capacidade de se desenvolver como um polo regional de inovação verde, evitando a armadilha de reprimarização, com a expansão da indústria extrativista no âmbito da nova geopolítica de minerais críticos que pauta o processo de transição energética global.

Do ponto de vista institucional, a criação do Comergs pelo Decreto n.º 52.582/2015 marcou um avanço ao inserir a mineração na agenda estratégica estadual. Esse movimento coincidiu com a modernização do marco regulatório nacional, sobretudo a partir da criação da Lei n.º 13.540/2017 e do Decreto n.º 9.406/2018, que ampliaram os poderes de regulação e fortaleceram a atuação da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (Fepam) no licenciamento ambiental. A publicação do trabalho **Mineração no RS: diagnóstico setorial e visão de futuro** (Rio Grande do Sul, 2018) consolidou o conceito de minerais portadores de futuro, entre eles, lítio, tântalo, grafita, silício, níquel, cobre, zinco, manganês e terras raras.

Em 2023, o Decreto n.º 56.865, que alterou o Decreto n.º 52.582/2015, reativou o Comitê do Patrimônio Mineral do Rio Grande do Sul, visando à sua valorização. Um ano antes, a Sema, por meio da Portaria da n.º 131/2022, criou o grupo de trabalho sobre remineralizadores, que atualmente está sendo reestruturado para tratar da economia circular na mineração, visando à elaboração de políticas públicas que garantam incentivos para a adoção de projetos alternativos para o aproveitamento de resíduos, rejeitos, estéreis e outros subprodutos da mineração para fins comerciais, bem como para remediação de áreas degradadas e passivos ambientais em regiões carboníferas do estado, nas Minas do Camaquã, Ametista do Sul, região do Basalto na Serra, entre outros.

Atualmente, novos esforços vêm sendo empreendidos para articular a política mineral ao Plano Estadual de Transição Energética Justa (TEJ). Esse plano representa uma tentativa pioneira de lidar com os impactos sociais e econômicos da descarbonização nas regiões carboníferas, como o Baixo Jacuí e a Campanha, onde a dependência do carvão mineral é histórica. No entanto, apesar desses avanços, a centralidade do carvão mineral na economia estadual permanece um desafio à inserção mais apropriada do estado em economias de baixo carbono. O Rio Grande do Sul concentra 90% das reservas nacionais desse mineral, sustentando uma cadeia produtiva estruturada e politicamente influente. A criação da Política Estadual do Carvão Mineral e do Polo Carboquímico pela Lei n.º 15.047/2017 buscava manter os incentivos ao uso do carvão mineral, considerando-o estratégico para o estado. No entanto, essa política foi abandonada na prática estadual a partir de 2021, após a 26.ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP26), realizada em Glasgow, em 2021, para a qual o estado enviou uma representação. Em seu lugar, iniciou-se um processo de planejamento para a transição energética por meio de iniciativas que visam a uma transição justa e equilibrada, buscando garantir o processo de diversificação econômica das regiões impactadas em um tempo considerado adequado para mitigar os impactos socioeconômicos no trabalho e na renda das famílias que dependem da atividade econômica associada à indústria carbonífera. Ainda assim, o cenário atual é marcado por conflitos de interesses econômicos, ambientais e sociais, o que demanda a mediação e o acompanhamento estratégico dos órgãos estaduais.

Com esses desafios à sua frente, o Plano Estadual de Transição Energética Justa, em elaboração por meio de uma parceria entre o Consórcio Waycarbon-Centro Brasil no Clima e a Sema, como contratante, busca mitigar os impactos sociais e ambientais das iniciativas estaduais para a transição energética e, ao mesmo tempo, garantir energia acessível e a manutenção de empregos. Nesse processo, são explorados usos alternativos do carvão mineral e novas tecnologias para a captura de carbono, a fim de reduzir as emissões dos gases de efeito estufa e caminhar em direção às metas acordadas em âmbito



nacional de redução de 53% das emissões desses gases até 2030 e atingimento da neutralidade até 2050. Paralelamente, consolidam-se projetos estratégicos voltados à diversificação produtiva do setor mineral, como o Fosfato Três Estradas, em Lavras do Sul (minerais de fosfato), e o Projeto Retiro — Área Central, em São José do Norte (minerais de titânio). Esses empreendimentos são apresentados como oportunidades para reduzir a dependência de importações e inserir o estado em cadeias ligadas à transição energética. Há também avanços tecnológicos, como a adoção de métodos de lavra sem barragens de rejeito. Contudo, o risco de reprimarização persiste, visto que a produção segue concentrada na fase de extração e sem garantias de desenvolvimento de elos intermediários (*midstream*) e finais (*downstream*). Repetir esse padrão pode comprometer a ambição de reindustrialização verde, limitando o papel do estado a fornecedor de insumos brutos para indústrias localizadas em outras regiões ou em outros países.

No campo logístico, o estado apresenta vantagens significativas. A rede de portos (Rio Grande, Chuí, Uruguaiana, Jaguarão) e a posição geográfica favorecem tanto a importação de insumos à indústria de transformação mineral quanto a exportação de minerais críticos e produtos derivados. A reivindicação da Elevação do Rio Grande, uma formação geológica submarina localizada no Atlântico Sul, a cerca de 1.200 km da costa do Rio Grande do Sul, submetida à ONU em 2018, amplia ainda mais esse horizonte, com potencial para exploração *offshore* de níquel, cobalto e terras raras. Esse conjunto de fatores reforça a possibilidade de o estado atrair investimentos voltados a projetos associados à descarbonização e ao *powershoring*, como exemplifica a instalação da Scala AI City, em Eldorado do Sul, que tem capacidade de 4,7 GW (Brasil, 2025c).

A tradição industrial do Rio Grande do Sul, aliada à experiência acumulada em *clusters*, como os polos da indústria química, da indústria calçadista e das indústrias automotiva e metalmeccânica, mostra que o estado é capaz de se integrar às cadeias globais de valor não apenas pela disponibilidade de recursos, mas também pela capacidade de inovação. Essa trajetória pode ser replicada no emergente campo dos minerais críticos, sobretudo se associada a políticas de P&D e à criação de uma identidade produtiva própria baseada em *branding* verde. O fato de o RS concentrar 20,7% do financiamento nacional da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) em 2024 e de ter acesso a R\$ 85,8 bilhões em investimentos da Nova Indústria Brasil reforça sua posição como laboratório de políticas industriais articuladas à transição energética e digital (Brasil, 2025d).

Um campo em que o estado já exerce protagonismo é o do H<sub>2</sub>V. O Programa de Desenvolvimento da Cadeia Produtiva do Hidrogênio Verde, instituído em 2023, articula incentivos fiscais, financiamento público e atração de investimentos externos e está alinhado tanto ao posterior Plano Rio Grande (2024) quanto ao anterior Política Gaúcha de Mudanças Climáticas (2010). A possibilidade de produzir H<sub>2</sub>V a partir de resíduos agroindustriais ilustra como o estado pode integrar a lógica da economia circular às cadeias globais verdes, promovendo desenvolvimento econômico e sustentabilidade ao agregar valor às cadeias já consolidadas e reduzir sua dependência de fertilizantes nitrogenados importados. A produção de hidrogênio verde é considerada uma alternativa para as regiões carboníferas e pode substituir o carvão na produção do aço ou servir de fonte de calor de alta temperatura para algumas indústrias, como as de cimento, vidro e química, reduzindo as emissões de CO<sub>2</sub>. A substituição de hidrogênio cinza, produzido com carvão ou gás natural, também colabora consideravelmente para a redução das emissões, podendo evitar até 830 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano, segundo a IEA (2024). Estados como o Rio Grande do Sul (e o Brasil, em geral), com abundância de energia eólica e energia solar, têm uma vantagem competitiva para produzir hidrogênio verde a custos mais baixos. No entanto, o desenvolvimento dessa indústria exige tecnologias que dependem diretamente de minerais críticos, como no caso dos painéis



solares e das turbinas eólicas, que demandam intensamente o uso de cobre, lítio e terras raras, entre outros, o que denota — mais uma vez — a importância de visão e política estratégicas para a exploração dos MCEs (Chiappini, 2025).

Em âmbito nacional, o estado se destaca tanto em seus esforços de institucionalização da política mineral estadual, atualmente em fase de desenvolvimento, quanto em sua busca por uma integração mais aprofundada entre o desenvolvimento sustentável e a participação social, que envolve diversos setores sociais, centros de pesquisa e universidades. A criação do Departamento de Mineração na Sema é representativa desse processo. O Departamento, criado pela Lei n.º 15.934, que reorganizou a estrutura da Secretaria, passou a desenvolver suas atividades no âmbito do Programa Avançar na Sustentabilidade, uma iniciativa do governo do Rio Grande do Sul, lançada em janeiro de 2022 como parte do programa transversal Avançar, que visa acelerar o desenvolvimento do estado com foco em sustentabilidade, inovação e qualidade de vida.

Em síntese, o Rio Grande do Sul reúne condições para se tornar um *hub* industrial regional, agregando valor às cadeias que envolvem o uso de minerais críticos e a produção de energia limpa ao articular a tradição industrial do estado e sua capacidade logística com a riqueza mineral nacional. No entanto, enfrenta dilemas estruturais que precisam ser resolvidos, entre os quais: (a) a persistência da dependência do carvão e o risco de um *lock-in*, entendido como uma forma de estagnação (funcional, cognitiva e/ou política), o que pode bloquear alternativas de desenvolvimento econômico territorial (Brose; Souto, 2020); (b) a fragilidade das iniciativas de agregação de valor na cadeia mineral, muitas em fase experimental, o que intensifica o risco de uma possível reprimarização da economia voltada ao extrativismo; (c) os impactos socioambientais da expansão extrativa em áreas sensíveis; e (d) a falta de mecanismos para a coordenação de diálogo, no longo prazo, entre atores públicos e privados. O desafio é transformar seu potencial nos setores mineral e energético em vetor de inovação e transição justa, evitando repetir o padrão de “extrativismo verde” e o aprofundamento de desigualdades sociais, consolidando um modelo capaz de combinar competitividade global, justiça social e sustentabilidade ambiental.

## Possíveis impactos para o Rio Grande do Sul

Os avanços recentes no setor de mineração e na regulamentação da transição energética, no Rio Grande do Sul, refletem os esforços do estado para alinhar suas políticas às dinâmicas conjunturais nacionais e globais. Entretanto, persistem desafios estruturais significativos que podem comprometer tanto a competitividade quanto a sustentabilidade socioambiental da mineração e das indústrias associadas. Dentre esses desafios, destacam-se a vulnerabilidade climática, a limitada articulação entre os setores público e privado, a ausência de incentivos robustos à industrialização mineral e a necessidade de uma política estadual mais integrada à estratégia nacional de minerais críticos e estratégicos.

O impacto das mudanças climáticas sobre a economia gaúcha é particularmente relevante. O RS é suscetível a eventos extremos, como demonstraram as enchentes de 2024, que causaram perdas significativas nas produções industrial e agrícola, interrupção de cadeias de suprimento e efeitos adversos sobre empregos e exportações (Barbosa, 2024). No setor mineral, a exposição a inundações, a possibilidade de conflitos pelo uso da água e paralisações produtivas, seja por exposição a climas adversos, seja por processos de judicialização relacionados aos impactos socioambientais de projetos de mineração, representam riscos potenciais para o desenvolvimento da indústria extrativista mineral no estado, assim como em outras regiões do país e do mundo. Em geral, essas possibilidades evidenciam a necessidade



de políticas adaptativas que integrem a gestão ambiental à continuidade operacional das atividades extrativas, garantindo viabilidade e segurança jurídica aos investidores e às empresas do setor e, também, atuando no sentido de mitigar os impactos socioambientais (Ibram, 2025). No estado, nota-se que as mudanças climáticas não vêm produzindo impactos significativos para o setor de extração de minerais críticos, uma vez que a maioria dos projetos de mineração estão localizados em áreas de baixa incidência de inundações e maior incidência de estiagem. Contudo, muitas etapas da produção e da transformação mineral, especialmente nas plantas de beneficiamento, nos sistemas de supressão de poeira e nas medidas de regeneração ambiental, são fortemente dependentes de água; por isso, períodos prolongados de estiagem podem causar impactos operacionais significativos, aumentar riscos ambientais e afetar a segurança do trabalho.

Por sua vez, a multiplicidade de leis estaduais pode gerar conflitos com normas federais, o que exige uma coordenação institucional clara entre os órgãos reguladores, como a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), e o MME (Gonçalves *et al.*, 2025). A falta de integração normativa pode comprometer a eficácia de programas estratégicos, como o desenvolvimento do hidrogênio verde, e limitar a competitividade do RS nas cadeias de valor globais.

Além disso, potenciais déficits estruturais em termos de infraestrutura logística, portuária e energética podem representar barreiras significativas à expansão industrial e à integração nas cadeias de valor verdes. Embora o RS disponha de portos com capacidade de escoamento relevante para minerais e produtos industriais, investimentos substanciais são necessários para a ampliação e a modernização da rede, incorporando avanços tecnológicos que garantam eficiência e resiliência (De Tomi; Loredó; Santos, 2024; Gonçalves *et al.*, 2023). A competição geopolítica global por minerais críticos impõe desafios adicionais, já que Estados Unidos, China e outras potências buscam assegurar cadeias de suprimento estratégicas e influenciar tecnologias de energia limpa, o que exige que o Brasil, e, por conseguinte, o RS, naveguem essa rivalidade sem comprometer a autonomia estratégica e a sustentabilidade de suas políticas industriais (Posta, 2022; Guitarrari *et al.*, 2024; Castro; Peiter; Góes, 2022).

Finalmente, observa-se que a governança ambiental e social constitui um eixo central para o desenvolvimento sustentável do setor mineral. Muitos depósitos minerais, incluindo os de MCEs, apresentam riscos socioambientais e impactos sobre comunidades locais e populações indígenas, além da necessidade de práticas de rastreabilidade e transparência na repartição de benefícios, como o uso da CFEM (Pope; Smith, 2023). A ratificação do Acordo de Escazú pelo Brasil, atualmente em tramitação, constitui um marco para fortalecer direitos ambientais e procedimentos de consulta, alinhando o país às melhores práticas internacionais. A mineração para a transição energética, ainda que não seja atualmente fonte de conflitos significativos no RS, exige mecanismos prévios de regulação e rastreabilidade, além de políticas de agregação de valor, para prevenir impactos negativos e garantir a transferência tecnológica (Rio Grande do Sul, 2021; Rio Grande do Sul, 2025).

Analistas destacam, porém, que há risco de utilização da narrativa da transição energética apenas para justificar a expansão da mineração, mas sem mudanças estruturais no modelo de desenvolvimento, prática denominada *greenwashing*, o que perpetuaria os impactos socioambientais e as lacunas regulatórias. Como observou Seeger (2025), a participação das entidades subnacionais é fundamental para exigir transparência, acesso à informação e processos participativos significativos, evitando que decisões econômicas sejam tomadas sem considerar os riscos ambientais e sociais e seus impactos de longo prazo. A integração normativa e regulatória entre a nova fase da mineração e a transição energética é,



portanto, essencial para promover desenvolvimento econômico sustentável, inclusão social e legitimação das políticas públicas voltadas à transição energética justa no RS.

## **Síntese**

O Quadro 1 apresenta uma análise comparativa entre o Brasil e o Rio Grande do Sul no que se refere às oportunidades, aos riscos e aos desafios associados à mineração, aos MCEs, à transição energética e à industrialização verde. A comparação evidencia tanto as potencialidades estruturais quanto os entraves econômicos, ambientais e de governança, destacando especificidades nacionais e estaduais relevantes para a formulação de políticas públicas e estratégias de desenvolvimento de longo prazo.



Quadro 1

Oportunidades, riscos e desafios relacionados à mineração, aos minerais críticos e estratégicos (MCEs), à transição energética e à industrialização verde no Brasil e no Rio Grande do Sul

<b>Oportunidades associadas à mineração e aos MCEs</b>	
<b>Brasil</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Reservas estratégicas de minerais críticos (lítio, cobalto, nióbio, terras raras, grafita, ferro, manganês).</li><li>- Potencial para atender à demanda global de minerais verdes, impulsionada pela transição energética.</li><li>- Integração com cadeias globais de valor, especialmente na exportação de <i>commodities</i> minerais.</li><li>- Possibilidade de agregar valor local a produtos minerais, com pesquisa, desenvolvimento (P&amp;D) e industrialização.</li></ul>
<b>RS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Reservas significativas de carvão mineral (≈ 90% do total nacional) e agrominerais (fosfato, potássio, nitrogênio), essenciais para fertilizantes e estratégicos para a economia estadual.</li><li>- Projetos em desenvolvimento para minerais estratégicos e portadores de futuro (fosfato, titânio, zircônio, terras raras, etc.) fornecem a base para o desenvolvimento de tecnologias verdes, usadas na produção de energia limpa e na agricultura de baixo carbono.</li><li>- Tecnologias de produção de energia renovável (solar e eólica), que dependem do uso intensivo de MCEs, possibilitam o uso na mineração do hidrogênio verde, reduzindo a pegada de carbono na produção.</li><li>- Base industrial e matriz energética diversificada, com portos estratégicos (Rio Grande, Chuí, Uruguaiana) e proximidade com mercados internacionais (<i>friendshoring</i>).</li></ul>
<b>Oportunidades associadas à transição energética e à industrialização verde</b>	
<b>Brasil</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Avanço em políticas de transição energética justa e descarbonização da economia.</li><li>- Potencial para liderar produção de tecnologias de baixo carbono (baterias, hidrogênio, turbinas eólicas, painéis solares).</li><li>- Investimentos em P&amp;D e inovação tecnológica em mineração e energia limpa podem reduzir a dependência externa.</li></ul>
<b>RS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Plano Estadual de Transição Energética Justa e possível inserção do Polo Carboquímico para diversificação do uso do carvão.</li><li>- Potencial para criar cadeias de valor verdes integradas ao agronegócio.</li><li>- Capacidade de atrair investimentos <i>greenfield</i> e integrar tecnologias digitais, com projetos como a Scala AI City e a Nova Indústria Brasil.</li></ul>
<b>Riscos associados à mineração, aos MCEs, à transição energética e à industrialização verde</b>	
<b>Brasil</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Vulnerabilidade à competição geopolítica por minerais críticos (EUA, China) e instabilidade de cadeias de suprimento.</li><li>- Dependência de exportação de <i>commodities</i> primárias, limitada industrialização e baixo valor agregado.</li><li>- Falta de coordenação nacional robusta entre setores e políticas de transição energética.</li><li>- Riscos socioambientais em áreas sensíveis, especialmente na Amazônia, incluindo conflitos com comunidades locais e populações indígenas, potencializados pela expansão da mineração ilegal.</li><li>- Expansão da mineração ilegal, gerando impactos ambientais severos, como o desmatamento, a contaminação de recursos hídricos, a destruição de ecossistemas e a emissão de poluentes, fenômeno que tem sido associado ao aumento de conflitos sociais com populações vulneráveis (indígenas, quilombolas, ribeirinhas, etc.).</li></ul>
<b>RS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Vulnerabilidade a eventos climáticos extremos (enchentes, estiagens) que impactam a mineração, a indústria e a agricultura.</li><li>- Especialização regressiva da indústria, limitada inserção em cadeias de maior valor agregado e dependência de decisões externas.</li><li>- Burocracia, infraestrutura e logística energética insuficientes para a expansão industrial sustentável.</li><li>- Risco de conflitos sociais e ambientais ligados à expansão da mineração e à falta de integração normativa entre as políticas de transição energética e a mineração estadual.</li></ul>
<b>Desafios de governança e implementação</b>	
<b>Brasil</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Necessidade de políticas industriais coerentes, integração com cadeias globais de valor e incentivos à agregação de valor local.</li><li>- Regulação ambiental, social e de governança ainda em desenvolvimento, com necessidade de ratificação de acordos internacionais, como o de Escazú.</li></ul>
<b>RS</b>	<p>Necessidade de alinhamento entre legislação estadual e federal, especialmente no que tange à articulação entre o setor de mineração e a transição energética, refletindo políticas para a produção de MCEs e de hidrogênio verde.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Importância de mecanismos de participação social, transparência e monitoramento ambiental, evitando o <i>greenwashing</i> na narrativa de transição energética.</li><li>- Integração entre mineração, agroindústria e inovação tecnológica para consolidar cadeias de valor verdes.</li></ul>



## 4 Considerações finais

A transição energética global e a expansão das indústrias de alta tecnologia elevaram a importância dos minerais críticos e estratégicos, como o lítio, o cobalto, o níquel, o cobre e os elementos de terras raras. Esses minerais são essenciais para baterias, turbinas eólicas, painéis solares e outras tecnologias centrais na mobilidade sustentável, na transformação digital e na geração de energia de baixo carbono. Com a demanda em rápida ascensão e as cadeias globais de suprimento e refino incertas, esses minérios passaram a ser classificados como críticos. Ao mesmo tempo, diversos países têm adotado políticas adicionais, definindo-os como recursos estratégicos, buscando garantir seu suprimento e agregar valor internamente. No cenário global atual, impactado fortemente pela pandemia de COVID-19 e pela subsequente guerra na Ucrânia, as cadeias globais de suprimento passaram por uma reorientação significativa: conceitos como *friendshoring* e *nearshoring*, que, na prática, correspondem a trazer cadeias produtivas para países aliados ou regiões próximas, ganham força como alternativas à globalização tradicional, impulsionados por mudanças geopolíticas e pelos altos custos da internalização de processos produtivos.

Países como o Brasil — que dispõem de expressivas reservas geológicas de minerais críticos e terras raras, mas apresentam produção, processamento e exportação ainda incipientes — enfrentam um desafio eminentemente estratégico. A simples dotação de recursos naturais não se traduz automaticamente em inserção relevante nas cadeias globais de valor, sobretudo em setores caracterizados por alta complexidade tecnológica, elevados custos de capital e fortes barreiras de entrada, como é o caso do refino e da separação de terras raras. A experiência internacional indica que a ausência de políticas industriais e tecnológicas coordenadas tende a reproduzir um padrão primário-exportador ou, no limite, a manter os recursos inexplorados por inviabilidade econômica privada. Assim, a construção de uma estratégia nacional para minerais críticos requer instrumentos que articulem política mineral, política industrial, política ambiental e política de ciência e tecnologia, incluindo incentivos à verticalização produtiva, ao compartilhamento de riscos em investimentos de grande escala, ao desenvolvimento de competências técnicas locais e à previsibilidade regulatória. Ademais, dada a crescente centralidade desses minerais para a transição energética, a digitalização e a defesa, tais políticas não devem ser concebidas apenas sob a ótica microeconômica ou setorial, mas como parte de uma estratégia de desenvolvimento e de inserção internacional capaz de reduzir vulnerabilidades externas, ampliar a captura doméstica de valor agregado e posicionar o país de forma mais ativa em cadeias produtivas estratégicas.

Nesse sentido, o caso brasileiro ilustra que a discussão sobre onde ocorre o refino dos minerais críticos transcende a eficiência produtiva estrita e se insere no campo das decisões de política econômica de longo prazo, nas quais o custo da inação pode ser tão relevante quanto os riscos associados à intervenção estatal. Ciente dos custos de oportunidade, o governo federal lançou iniciativas para mudar esse quadro. Destacam-se o Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos e o programa Mineração para Energia Limpa, que visam acelerar projetos mineradores prioritários e incentivar o uso desses recursos no desenvolvimento econômico nacional. Há uma ênfase forte em superar o modelo de exportação de *commodities* brutas, de modo a promover a industrialização baseada nesses minerais com agregação de valor e inovação tecnológica nas chamadas cadeias de valor verdes. Em resumo, a estratégia nacional busca transformar as riquezas geológicas em vantagem competitiva, reduzindo a dependência externa de insumos críticos para a transição energética.

Para o Rio Grande do Sul, a transição energética traz oportunidades e desafios específicos. O estado possui menos reservas conhecidas de minerais críticos em comparação com outras regiões mineradoras do Brasil, mas demonstra potencial em depósitos de fosfato e potássio, essenciais à produção



de fertilizantes e à segurança alimentar. O aproveitamento desses depósitos poderia reduzir a enorme dependência brasileira de fertilizantes importados (que ultrapassa os 90% no caso do NPK — nitrogênio, fósforo e potássio) (Pereira; Cardoso, 2025). Um exemplo promissor em desenvolvimento no estado é o projeto Fosfato Três Estradas, em Lavras do Sul, que visa extrair fosfato de depósitos recentemente descobertos, o que sinaliza a futura capacidade de produção local desse insumo estratégico. Outro projeto, desenvolvido no mesmo município, também se destaca por sua capacidade de apoiar a redução da dependência externa de fertilizantes e seus insumos. Além dos recursos minerais, o RS conta com uma base industrial diversificada e infraestrutura logística estratégica. O Porto de Rio Grande, por exemplo, oferece uma rota privilegiada para escoar tanto os minerais extraídos e o hidrogênio de baixo carbono produzido no estado quanto produtos de maior valor agregado, o que facilita a inserção gaúcha em cadeias de valor verdes e o acesso a mercados internacionais.

Observa-se que o estado já se destaca pelo potencial de produção descentralizada de hidrogênio de baixo carbono a partir de resíduos agroindustriais, apoiado por leis e programas específicos, como o Programa de Desenvolvimento da Cadeia Produtiva de Hidrogênio Verde no Rio Grande do Sul (H<sub>2</sub>V-RS). Essas iniciativas regionais estão alinhadas com o plano nacional Nova Indústria Brasil, o que reforça sinergias entre desenvolvimento industrial, inovação e sustentabilidade. Vale notar, ainda, que a matriz elétrica gaúcha, com alta participação de fontes renováveis, torna o estado atrativo para investimentos industriais do tipo *greenfield* e em *powershoring*, com a relocação de fábricas para locais com oferta abundante e acessível de energia limpa.

Apesar das oportunidades, há obstáculos significativos para aproveitar plenamente esse potencial. O estado é altamente vulnerável a eventos climáticos extremos, como demonstrado pelas enchentes recentes e pelos recorrentes períodos de estiagem, que podem interromper a produção, quebrar cadeias de suprimento e prejudicar a atividade industrial e as exportações. No plano industrial, o país enfrenta um histórico de especialização regressiva: aumentaram as importações de produtos manufaturados e diminuíram os investimentos na indústria nacional, dificultando a inserção em fases mais sofisticadas e de maior valor agregado das cadeias produtivas (incluindo as cadeias verdes de minerais). Embora o RS seja um dos estados mais industrializados do Brasil, vem perdendo participação em setores de alta tecnologia — seu crescimento industrial recente concentra-se em indústrias de média-baixa tecnologia. Esse perfil industrial evidencia o desafio de migrar para atividades mais intensivas em conhecimento, necessárias para competir nas novas cadeias de valor voltadas à sustentabilidade. Além disso, entraves logísticos e burocráticos persistentes (infraestrutura deficiente, custos elevados e complexidade regulatória) comprometem a competitividade do estado e do país, desestimulando investimentos produtivos ligados aos minerais estratégicos.

Outro desafio crucial é reduzir a dependência de processamento e tecnologias externas. Atualmente, elos vitais da cadeia dos MCEs, como o refino de terras raras, são dominados por outros países (especialmente a China). Isso significa que, mesmo dispondo de matérias-primas abundantes, o Brasil corre o risco de permanecer apenas como fornecedor de insumos básicos em um ciclo de “extrativismo verde”, caso não assegure contrapartidas adequadas em transferência de tecnologia e desenvolvimento industrial nos acordos com investidores estrangeiros. Ademais, a maior parte dos depósitos de MCEs no Brasil se localiza na região da Amazônia Legal, o que acentua preocupações socioambientais graves — incluindo desmatamento, escassez hídrica e violações de direitos de comunidades locais. No caso do Rio Grande do Sul, embora distante da Amazônia, existe o risco de flexibilização de padrões ambientais e sociais na corrida por atrair investimentos verdes. Se não houver salvaguardas, projetos podem criar



novas zonas de sacrifício — áreas sujeitas a danos ambientais ou sociais desproporcionais —, comprometendo a legitimidade da transição energética. Portanto, para que o RS e o Brasil convertam seu potencial geológico em desenvolvimento sustentável, são indispensáveis mecanismos robustos de governança, transparência e repartição de benefícios. Somente com gestão estratégica e participação local será possível viabilizar uma transição energética justa, evitando a repetição de padrões históricos de exploração e garantindo que a riqueza mineral contribua para o bem-estar socioeconômico de forma equilibrada e sustentável.

Finalmente, a seguir, são apresentadas estratégias que podem guiar a participação do estado nas cadeias de valor verde e, ao mesmo tempo, apoiar o desenvolvimento de uma transição energética justa. Entre as principais diretrizes, destaca-se a necessidade de elaborar uma política estadual de MCEs no Rio Grande do Sul que institua um plano com metas de curto, médio e longo prazo para a exploração, o refino e a industrialização desses recursos, considerando que o carvão mineral permanece estratégico para o estado e que a gestão desses ativos deve contemplar tanto sua exploração quanto o desenvolvimento de usos alternativos para eles nas próximas décadas. Nesse sentido, é fundamental estimular a criação ou o fortalecimento de centros de pesquisa aplicada em parceria com universidades e empresas, bem como integrar a política estadual ao Plano Nacional de Mineração e à Política Nacional de Transição Energética.

Adicionalmente, recomenda-se o investimento em infraestrutura logística e energética, com prioridade para a atração de recursos destinados a obras de estradas, ferrovias e redes de energia em regiões com potencial mineral, incluindo a criação de zonas de desenvolvimento, com incentivos fiscais e logísticos e a garantia de acesso à energia limpa e estável para as operações de mineração e processamento. No campo institucional, torna-se necessário desenvolver mecanismos de governança socioambiental por meio do estabelecimento de marcos regulatórios claros, da exigência de estudos de impacto ambiental e da realização de consultas prévias às comunidades afetadas, além de criar observatórios independentes para o monitoramento de impactos e a promoção de certificações ambientais e sociais reconhecidas internacionalmente.

Também se mostra estratégico fomentar parcerias público-privadas e consórcios regionais, incentivando a articulação entre estado, municípios, universidades e empresas para viabilizar projetos de refino, industrialização e inovação, bem como criar fundos regionais voltados ao apoio de *startups* e pequenas empresas da cadeia de minerais críticos, com foco em inclusão produtiva e desenvolvimento regional. Por fim, é importante fortalecer a participação do estado na diplomacia mineral brasileira, articulando-a a incentivos voltados à transição energética justa e universal por meio da promoção de missões especializadas em minerais críticos em fóruns multilaterais, como ocorreu durante a COP30, realizada em 2025, em Belém do Pará.

## Referências

ADB; WTO. **Trade in critical minerals**. Asian Development Bank-World Trade Organization, 2023. Disponível em: <https://critmin.org/trade-data/>. Acesso em: 15 dez. 2025.

ANDREWS-SPEED, P.; HOVE, A. **China's rare earths dominance and policy responses**. The Oxford Institute for Energy Studies, jun. 2023. Disponível em: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2023/06/CE7-Chinas-rare-earths-dominance-and-policy-responses.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2025.



BARBI, F. C.; BRITO, M. H. de. China na América Latina: uma análise da perspectiva dos investimentos diretos estrangeiros. **Textos para Discussão**. Escola de Economia de São Paulo, n. 247, mar. 2010. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10438/4251>. Acesso em: 15 mar. 2025.

BARBOSA, F. F. **Estrutura produtiva e indicadores da produção industrial no RS de 2002 a 2022**. Porto Alegre: SPGG/DEE, 2024. (Nota Técnica n. 96). Disponível em: <https://dee.rs.gov.br/upload/arquivos/202410/23173115-16092912-nt-dee-96-estrutura-produtiva-e-indicadores-da-producao-industrial-no-rio-grande-do-sul-de-2002-a-2022-1.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2025.

BARROS, P. **Minerais críticos**: o que são e por que viraram chave para negociar tarifação de Trump. InfoMoney, 25 jul. 2025. Economia. Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/economia/minerais-criticos-o-que-sao-e-por-que-viraram-chave-para-negociar-tarifaco-de-trump/>. Acesso em: 15 ago. 2025.

BEDNARSKI, L. *et al.* Geopolitical disruptions in global supply chains: a state-of-the-art literature review. **Production Planning & Control**, v. 36, n. 4, p. 536–562, dez. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2286283>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09537287.2023.2286283>. Acesso em: 19 dez. 2025.

BEZERRA, F. D. Minerais críticos e estratégicos no Nordeste. **Caderno Setorial ETENE**, ano 10, n. 404, set. 2025. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/cse/article/view/3274/2264>. Acesso em: 19 dez. 2025.

BRANCACCIO, E.; CALIFANO, A. War, sanctions, deglobalization: which comes first? **Revista Brasileira de Política Internacional**, v. 66, n. 1, e004, jun. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-7329202300104>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpi/a/NnpZF9WH7ZmfvTK6yXZfVgH/?lang=en>. Acesso em: 22 set. 2025.

BRASIL. **Decreto n.º 11.108, de 28 de março de 2022**. Institui a política mineral brasileira e [...]. Brasília: Presidência da República, Secretaria-Geral, 2022. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2022/Decreto/D11108.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D11108.htm). Acesso em: 22 set. 2025.

BRASIL. **Lei n.º 14.902, de 27 de junho de 2024**. Institui o Programa Mobilidade Verde e Inovação (Programa Mover); [...]. Brasília: Presidência da República, Casa Civil, 2024a. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2023-2026/2024/Lei/L14902.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/Lei/L14902.htm). Acesso em: 22 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. **Plano de ciência, tecnologia e inovação para minerais estratégicos: 2018-2022**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2018. Disponível em: <https://sict.rs.gov.br/upload/arquivos/202006/16181825-plano-de-ciencia-tecnologia-e-inovacao-para-minerais-estrategicos.pdf>. Acesso em: 22 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Nova Indústria Brasil**. Brasília: Ministério da Fazenda, 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/transformacao-ecologica/programas-em-destaque/nova-industria-brasil/nova-industria-brasil>. Acesso em: 15 ago. 2025.

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Plano de Transformação Ecológica**. Brasília: Ministério da Fazenda, 2024c. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/transformacao-ecologica/transformacao-ecologica-pagina-antiga/saiba-mais>. Acesso em: 17 ago. 2025.



BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. **Declaração conjunta sobre a formação conjunta da comunidade de futuro compartilhado Brasil-China por um mundo mais justo e um planeta mais sustentável.** Brasília: Ministério das Relações Exteriores, 2024d. Disponível em: [https://www.gov.br/mre/pt-br/canais\\_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/declaracao-conjunta-sobre-a-formacao-conjunta-da-comunidade-de-futuro-compartilhado-brasil-china-por-um-mundo-mais-justo-e-um-planeta-mais-sustentavel](https://www.gov.br/mre/pt-br/canais_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/declaracao-conjunta-sobre-a-formacao-conjunta-da-comunidade-de-futuro-compartilhado-brasil-china-por-um-mundo-mais-justo-e-um-planeta-mais-sustentavel). Acesso em: 12 ago. 2025.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. **Retirada de tarifas sobre produtos brasileiros importados pelos EUA.** Brasília: Ministério das Relações Exteriores, 2025a. Disponível em: [https://www.gov.br/mre/pt-br/canais\\_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/retirada-de-tarifas-sobre-produtos-brasileiros-importados-pelos-eua](https://www.gov.br/mre/pt-br/canais_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/retirada-de-tarifas-sobre-produtos-brasileiros-importados-pelos-eua). Acesso em: 1 dez. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Alexandre Silveira anuncia o Programa Mineração para Energia Limpa em seminário sobre mineração sustentável e transição energética.** Brasília: Ministério de Minas e Energia, fev. 2024e. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/alexandre-silveira-anuncia-o-programa-mineracao-para-energia-limpa-em-seminario-sobre-mineracao-sustentavel-e-transicao-energetica>. Acesso em: 26 set. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Serviço Geológico do Brasil. **Balanco social 2021.** Brasília: Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/balanco-social-2021>. Acesso em: 15 ago. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **ComexStat – Estatísticas de Comércio Exterior.** Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços, 2025b. Disponível em: <https://comexstat.mdic.gov.br>. Acesso em: 3 nov. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **Estratégia para implementação de política pública para atração de data centers.** Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços, 3 jul. 2025c. Disponível em: [https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/sdic/comercio-e-servicos/comercio/estudo\\_completo\\_datacenters\\_jun2023.pdf/view](https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/sdic/comercio-e-servicos/comercio/estudo_completo_datacenters_jun2023.pdf/view). Acesso em: 15 ago. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **NIB financia 168 mil projetos industriais no Brasil e ajuda a impulsionar desenvolvimento regional.** Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços, 2025d. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2025/julho/nib-financia-168-mil-projetos-industriais-no-brasil-e-ajuda-a-impulsionar-desenvolvimento-regional>. Acesso em: 14 ago. 2025.

BROSE, M. E.; SOUTO, A. J. P. A reconversão de regiões carboníferas na Europa: aplicação do *lock in* por Grabher em casos selecionados. **DRd — Desenvolvimento Regional em debate**, v. 10, p. 1184–1202, 2020. Disponível em: <https://www.periodicos.unc.br/index.php/drd/article/view/2955>. Acesso em: 8 out. 2025.

CAPELLO, R.; DELLISANTI, R. Regional inequalities in the age of nearshoring. **The World Economy**, v. 47, p. 4225–4249, out. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/twec.13628>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/twec.13628>. Acesso em: 1 dez. 2025.

CASTRO, N.; PEITER, C.; GÓES, G. **Minerais estratégicos e críticos: uma visão internacional e da política mineral brasileira.** Brasília: Ipea, 2022. (Texto para Discussão, n. 2768). DOI: <https://doi.org/10.38116/td2768>. Disponível em: [https://portalantigo.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/220526\\_217116\\_td\\_2768\\_web.pdf](https://portalantigo.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/220526_217116_td_2768_web.pdf). Acesso em: 1 dez. 2025.



- CHI, Z. Charting the technology cold war: the balance of loss, U.S. containment strategies and China's countermeasures. **China International Strategy Review**, v. 7, n. 1, p. 47-69, abr. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42533-025-00180-1>. Acesso em: 20 ago. 2025
- CHIAPPINI, G. A relação entre hidrogênio e minerais críticos. **Eixos**, 17 ago. 2025. Disponível em: <https://eixos.com.br/hidrogenio/a-relacao-entre-hidrogenio-e-minerais-criticos/>. Acesso em: 30 out. 2025.
- DE TOMI, G.; LOREDO, G.; SANTOS, V. **Minerais críticos e estratégicos no Brasil**: uma agenda de soberania e de clima. Brasília: Centro Soberania e Clima, 2024. Disponível em: <https://soberaniae-clima.org.br/wp-content/uploads/2024/05/Artigo-Giorgio-de-Tomi-02.pdf>. Acesso em: 22 set. 2025.
- FARRELL, H.; NEWMAN, A. L. Weaponized interdependence: how global economic networks shape state coercion. **International Security**, v. 44, n. 1, p. 42–79, jul. 2019. DOI: [https://doi.org/10.1162/isec\\_a\\_00351](https://doi.org/10.1162/isec_a_00351). Disponível em: <https://direct.mit.edu/isec/article/44/1/42/12237/Weaponized-Interdependence-How-Global-Economic>. Acesso em: 14 set. 2025.
- FREITAS, H. de; BORGHI, R. A. Z. Investimento estrangeiro direto da China no Brasil: um estudo de setores selecionados. **Economia e Sociedade**, v. 33, n. 3, e281289, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-3533.2024v33n3.281289>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ecos/a/p5RvczPvhM7ts7QRbjNtRSz/?lang=pt>. Acesso em 14 set. 2025.
- GARCIA JÚNIOR, A. A. Disputa global por minerais críticos exige visão do Brasil para agregar valor a seus recursos naturais. **The Conversation**, 22 jul. 2025. Disponível em: <https://theconversation.com/disputa-global-por-minerais-criticos-exige-visao-do-brasil-para-agregar-valor-a-seus-recursos-naturais-261250>. Acesso em: 14 set. 2025.
- GONÇALVES, F. *et al.* Hidrogênio de baixo carbono: a importância dos avanços em questões estruturantes. **Cadernos FGV Energia**, Rio de Janeiro, ano 9, n. 20, nov. 2023. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/publicacao/caderno-fgv-energia-hidrogenio-de-baixo-carbono-importancia-dos-avancos-em-questoes>. Acesso em: 15 ago. 2025.
- GUIARRARI, L. G. *et al.* Geopolítica da energia de baixo carbono e seus impactos para a transição energética no Brasil. **Cadernos FGV Energia**, Rio de Janeiro, ano 11, n. 13, ago. 2024. Disponível em: [https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/alta\\_caderno\\_geopolitica\\_da\\_energia\\_de\\_baixo\\_carbono.pdf](https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/alta_caderno_geopolitica_da_energia_de_baixo_carbono.pdf). Acesso em: 22 set. 2025.
- HART, C. A. **Mapping China's strategy for rare earths dominance**. Washington, DC: Atlantic Council, 2025. Disponível em: <https://www.atlanticcouncil.org/wp-content/uploads/2025/06/Mapping-Chinas-strategy-for-rare-earths-dominance.pdf>. Acesso em: 21 maio 2025.
- HUND, K. *et al.* Minerals for climate action: the mineral intensity of the clean energy transition. Washington, DC: The World Bank, 2020. Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099052423172525564/pdf/P16627806f5aa400508f8c0bdcba0878a3e.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2025.
- IBRAM. **Os minerais críticos e estratégicos na COP30**: avançar com uma política para os brasileiros e para o mundo (*green paper*). Brasília: Instituto Brasileiro de Mineração, 2025. Disponível em: [https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2025/05/IBRAM\\_news\\_green-paper\\_2025\\_web.pdf](https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2025/05/IBRAM_news_green-paper_2025_web.pdf). Acesso em: 15 dez. 2025.
- IEA. **Global critical minerals outlook 2025**. International Energy Agency, 2025. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2025>. Acesso em: 21 maio 2025.



IEA. **Global hydrogen review 2024**. International Energy Agency, 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2024>. Acesso em: 14 ago. 2025.

IRENA. **Geopolitics of the energy transition: energy security**. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2024. Disponível em: <https://www.irena.org/Publications/2024/Apr/Geopolitics-of-the-energy-transition-Energy-security>. Acesso em: 15 ago. 2025.

KOTZ, R. **Desafios para o setor de mineração do Brasil**. Entrevista concedida a Camila de Macedo Braga [via Zoom], jun. 2025.

LEE, R.; AHUJA, J.; ČAVOŠKI, A. The geopolitics of access to critical minerals necessary to support energy transition. **Global Energy Law and Sustainability**, v. 5, n. 2, p. 163–181, fev. 2025. DOI: <https://doi.org/10.3366/gels.2024.0122>. Disponível em: <https://www.eupublishing.com/doi/10.3366/gels.2024.0122>. Acesso em: 15 ago. 2025.

LIMA, O. P. de. **Mineração RS**. FÓRUM EMPRESARIAL PELO DESENVOLVIMENTO DA CAMPANHA GAÚCHA, 1, Lavras do Sul, 7 nov. 2025. Apresentação oral.

MUNIZ, G. EUA sinalizam interesse em acordo para acesso a minerais críticos e estratégicos do Brasil. **CBN**, 24 jul. 2025. Economia. Disponível em: <https://cbn.globo.com/economia/noticia/2025/07/24/eua-sinalizam-interesse-em-acordo-para-acesso-a-minerais-criticos-e-estrategicos-do-brasil.ghtml>. Acesso em: 15 dez. 2025.

OCDE. **Due diligence guidance for responsible supply chains of minerals from conflict-affected and high-risk areas**. 3. ed. Paris: OECD Publishing, 2021. Disponível em: [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2021/02/oecd-due-diligence-guidance-for-responsible-supply-chains-of-minerals-from-conflict-affected-and-high-risk-areas\\_13d8673f/e9a65a5d-en.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2021/02/oecd-due-diligence-guidance-for-responsible-supply-chains-of-minerals-from-conflict-affected-and-high-risk-areas_13d8673f/e9a65a5d-en.pdf). Acesso em: 11 dez. 2025.

PADOIN, E. Projeto extrai terras raras de resíduos da mineração e gera água tratada. **TNSul**, Criciúma, 22 mar. 2025. Disponível em: <https://tnsul.com/2025/03/22/projeto-extrai-terras-raras-de-residuos-da-mineracao-e-gera-agua-tratada/>. Acesso em: 18 set. 2025.

PEREIRA, L. A. C.; CARDOSO, V. M. Qual é a dependência do agro brasileiro das importações de fertilizantes? **Insper**, 7 ago. 2025. Economia e Comércio Internacional. Disponível em: <https://agro.insper.edu.br/agro-in-data/artigos/qual-e-a-dependencia-do-agro-brasileiro-das-importacoes-de-fertilizantes>. Acesso em: 4 nov. 2025.

POPE, N.; SMITH, P. **Brazil's critical and strategic minerals in a changing world**. Rio de Janeiro: Instituto Igarapé, out. 2023. Disponível em: <https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2023/10/Critical-and-Strategic-Minerals.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2025.

POSTA, P. D. Global value chains and the slowing down of globalisation. **Perspectivas — Journal of Political Science**, Braga, edição especial, dez. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.21814/perspectivas.4564>. Acesso em: 4 nov. 2025.

RIO GRANDE DO SUL. Conselho Estadual do Meio Ambiente. **Resolução n.º 442, de 8 de abril de 2021**. Atualiza as definições e os critérios técnicos ambientais para os procedimentos de licenciamento ambiental, 2021. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=413280>. Acesso em: 13 ago. 2025.



RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Minas e Energia. **Mineração no Rio Grande do Sul**: diagnóstico setorial e visão de futuro. Porto Alegre: Secretaria de Minas e Energia, v. 1, 2018. Disponível em: <https://admin.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/202302/28143223-mineracao-no-rs-2018-versao-web.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2025.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (Sema). **Transição energética justa para as regiões carboníferas do RS**. Porto Alegre, [2025]. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/transicao-energetica-justa>. Acesso em: 11 mar. 2026.

ROMAGNA, D. Exploração de terras raras com responsabilidade ambiental pode impulsionar economia do RS, diz professor. **G1**, Porto Alegre, 17 ago. 2025. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2025/08/11/pesquisadores-identificam-alta-concentracao-de-terras-raras-na-regiao-central-do-rs.ghtml>. Acesso em: 18 ago. 2025.

SCHWANTES, C. *et al.* Os investimentos chineses na América Latina: os casos da Argentina, Brasil, México e Venezuela (2010-2020). **Cadernos de Relações Internacionais e Defesa**, v. 4, n. 5, p. 1–24, 2023. Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/CRID/article/view/111147>. Acesso em: 12 ago. 2025.

SEEGER, M. 2025. **Os desafios do Brasil na transição energética**. Entrevista concedida a Camila de Macedo Braga. [Via Zoom], maio 2025.

SILVA, G. F.; SILVA, A. D. R.; SOUZA GAIA, S. M. (Orgs.). **Panorama do potencial do Brasil para minerais críticos e estratégicos** — edição 2024. Brasília: Serviço Geológico do Brasil, 2024. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/items/cc2b8686-a63e-43e5-9007-3257ceb4a146>. Acesso em: 15 ago. 2025.

SOLINGEN, E.; MENG, B.; XU, A. Rising risks to global value chains. In: **Global value chain development report** — beyond production. WTO iLibrary, 2021. DOI: <https://doi.org/10.30875/f756ebca-en>. Disponível em: <https://www.wto-ilibrary.org/content/books/9789287054302c011>. Acesso em: 22 set. 2025.

USGS. **Mineral commodity summaries 2025**. U.S. Geological Survey, 2025. Disponível em: <https://www.usgs.gov/publications/mineral-commodity-summaries-2025>. Acesso em: 4 nov. 2025.

VEIGA, P. da M.; RIOS, S. P. Cadeias globais de valor e implicações para a formulação de políticas. In: OLIVEIRA, I. T. M.; CARNEIRO, F. L.; SILVA FILHO, E. B. da (org.). **Cadeias globais de valor, políticas públicas e desenvolvimento**. Brasília: Ipea, 2017. p. 17-48.

WEF. **Fostering effective energy transition 2025** — insight report. World Economic Forum, jun. 2025. Disponível em: <https://www.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition-2025/>. Acesso em: 15 maio 2025.

XI JINPING'S weaponisation of rare-earth elements will ultimately backfire — how the West can break China's grip on these vital minerals. **The Economist**, 13 ago. 2025. Disponível em: <https://www.economist.com/leaders/2025/08/13/xi-jinpings-weaponisation-of-rare-earth-elements-will-ultimately-backfire>. Acesso em: 20 set. 2025.

ZAPP, P. *et al.* Environmental impacts of rare earth production. **MRS Bulletin**, v. 47, p. 267-275, mar. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1557/s43577-022-00286-6>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8929459/>. Acesso em: 19 dez. 2025.



**Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão**  
Subsecretaria de Planejamento  
Departamento de Economia e Estatística

Nota Técnica 128  
9 de abril de 2026

GOVERNO DO ESTADO  
**RIO GRANDE DO SUL**



GOVERNO DO ESTADO  
**RIO GRANDE DO SUL**

**Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão (SPGG-RS)**

Secretária: Danielle Calazans

**Subsecretaria de Planejamento (Suplan)**

Subsecretária: Carolina Mór Scarparo

**Departamento de Economia e Estatística (DEE)**

Diretor: Tomás Pinheiro Fiori

Chefe da Divisão de Estudos de Atividades Produtivas: Sérgio Leusin Junior

Autora: Camila de Macedo Braga

Revisão técnica: Bruno Jubran

Revisão de língua portuguesa: Elen Azambuja