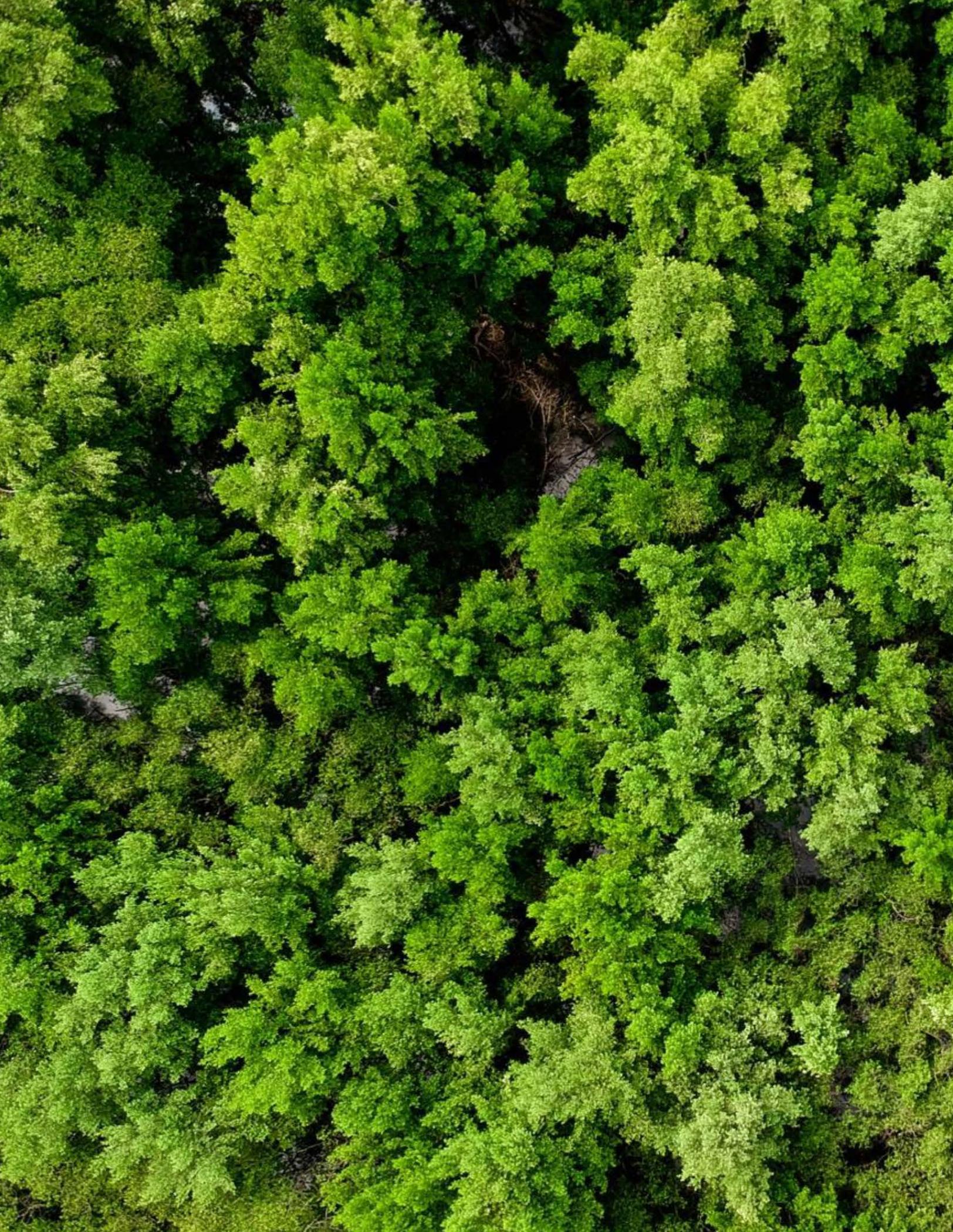




Minerais críticos do futuro e o papel estratégico do Brasil na transição para uma economia de baixo carbono

Fevereiro de 2025



Catalisadores para uma economia sustentável

A transição energética global não é apenas uma oportunidade; é uma necessidade urgente. No coração dessa transformação, os minerais críticos desempenham um papel central, como base para tecnologias essenciais de energia limpa, como veículos elétricos, turbinas eólicas e painéis solares. Para o Brasil, este cenário oferece um caminho único: alavancar nossa riqueza mineral e liderança em energia renovável para moldar um futuro mais sustentável e inclusivo.

Este relatório busca dar um panorama sobre os minerais críticos em escala global, além de destacar o potencial inexplorado do Brasil no fornecimento de minerais críticos e o papel que podemos desempenhar na construção de cadeias de suprimento mais resilientes e diversificadas. Ao mesmo tempo, a transformação não é apenas econômica. É social. É ambiental. É uma oportunidade de gerar empregos qualificados, promover inovação e fortalecer comunidades, especialmente nas regiões de mineração.

O que está em jogo vai além dos recursos minerais. Trata-se de como o Brasil pode consolidar sua posição como um protagonista global, não apenas como fornecedor, mas como um modelo de desenvolvimento sustentável que equilibra crescimento econômico com preservação ambiental e impacto positivo para as comunidades locais.

Convidamos você a explorar os insights deste estudo, que reforçam o compromisso do Brasil em liderar a transição energética global. Que esta iniciativa inspire ações concretas para destravar todo o potencial do País e contribuir para um mundo mais sustentável.

Boa leitura.

Maria Emilia Peres

Sócia para Estratégia em Sustentabilidade
e Inovação da Deloitte

Índice

1. Sumário executivo	4
Minerais críticos	5
Mercado internacional	5
Mercado nacional	6
Impacto nacional	6
Desafios	7
Soluções	7
Considerações finais	7
2. Introdução	8
Objetivo do relatório	9
3. Metodologia	10
Construção do impacto dos minerais críticos na economia Brasileira	11
4. Minerais críticos	12
4.1 O que são minerais críticos	13
4.2 Por que os minerais críticos são relevantes	14
5. O mercado internacional	18
5.1 Demanda – Quem utiliza estes minerais no mundo	19
A expansão da demanda por minerais no cenário energético do futuro	19
As aplicações dos principais minerais críticos	22
5.2 Oferta – Quem produz os minerais críticos	24
Reservas, produção e refino	24
A oferta de cada mineral pelo mundo	26
A nova geopolítica dos minerais críticos	38

6. O mercado nacional	40
6.1 O cenário nacional de mineração	41
Mineração no Brasil	41
Matriz energética nacional	42
Brasil frente aos minerais críticos	44
A situação dos minerais críticos no Brasil	46
6.2 O impacto dos minerais críticos brasileiros na economia nacional	48
PIB da mineração	49
Cenário de previsão de produção	50
Impacto econômico em 2030	53
Impacto econômico em 2050	54
Refino	55
7. Desafios e soluções	56
Desafios	57
Soluções	58
8. Considerações finais	62
Notas	64



1. Sumário executivo

Minerais críticos

- O conceito de minerais críticos é dinâmico e varia de acordo com o contexto geopolítico e econômico de cada país, assim como as listas de minerais mudam conforme as circunstâncias e as prioridades nacionais evoluem. Fatores como estabilidade dos países produtores, concentração geográfica e falta de substituição influenciam essa classificação.
- A transição para um futuro de baixa emissão de carbono será altamente intensiva em minerais, já que tecnologias de energia limpa exigem mais minerais do que as baseadas em combustíveis fósseis. A demanda por minerais críticos deve triplicar até 2040, segundo o IEA. Fontes de energia renovável, como solar e eólica, lideram o crescimento e requerem grandes quantidades de elementos, como cobre, níquel, grafite, cobalto, lítio e terras raras.
- A crescente demanda por minerais críticos levanta preocupações sobre segurança no fornecimento, sustentabilidade das cadeias de produção, transparência, rastreabilidade e o desenvolvimento de alternativas tecnológicas.

Mercado internacional

- A maioria dos minerais críticos terá suas destinações alteradas de indústrias tradicionais, como construção civil, para tecnologias avançadas e transição energética. Estabelecer cadeias de suprimento estáveis será crucial para um futuro sustentável e o cumprimento das metas de descarbonização. Cada mineral crítico tem características e aplicações específicas na transição energética, exigindo uma análise detalhada de seu papel e da demanda global.
- Em 2021, a demanda por energias limpas representava 20% do total de minerais críticos, subindo para 25% em 2022 e 30% em 2023, com um crescimento de quase 60% entre 2021 e 2023. A demanda por minerais críticos para energia limpa deve dobrar até 2030.
- A demanda por lítio, por exemplo, deve aumentar nove vezes entre 2024 e 2050, enquanto a demanda por outros minerais críticos também segue essa tendência de aumento significativo.
- Países que lideram a transformação tecnológica, como China, Estados Unidos, Japão, Coreia do Sul e nações da União Europeia são os maiores demandantes desses minerais.
- A análise da oferta de minerais críticos se dá em três perspectivas: reservas, produção e refino.
 - As reservas estão distribuídas de forma relativamente diversificada em países como Brasil, Peru, Argentina, Vietnã, Tanzânia, China e Chile, mas a exploração de novas minas pode demorar até 16 anos, exigindo investimentos de longo prazo e políticas públicas alinhadas.
 - A produção de minerais críticos é concentrada em poucos países: Indonésia, China, Filipinas, Austrália, Estados Unidos, Chile e Congo, o que cria vulnerabilidade no fornecimento, riscos de interrupções e instabilidade de preços até 2030.
 - A China domina o mercado de refino de minerais críticos, controlando mais de 60% do mercado global, fruto de políticas públicas de longo prazo. Esse domínio dificulta a competição e novos investimentos em refino fora da China.
- Geopolítica e questões éticas surgem em torno das cadeias de suprimento, como condições de trabalho precárias no Congo e o impacto da guerra na Ucrânia, enquanto países como os Estados Unidos buscam reduzir a dependência da China na cadeia de minerais críticos.

Mercado nacional

- O setor de mineração do Brasil é uma potência global, representando 2,28% do PIB nacional em 2023. As exportações alcançaram US\$ 42,90 bi – 32% da balança comercial. No primeiro semestre de 2024, o Brasil produziu 89 tipos de minerais, faturando R\$ 129 bilhões, com 60% das exportações destinadas à China. A mineração gerou mais de 200 mil empregos diretos e 2,5 milhões ao longo da cadeia em 2023. O País é um dos maiores exportadores globais de minério de ferro, ouro, bauxita, nióbio e cobre. O minério de ferro representa 61,80% do faturamento do setor.
- A mineração é uma atividade intensiva em energia e o País se destaca pela matriz elétrica limpa, com mais de 90% da eletricidade gerada a partir de fontes renováveis, como hidrelétricas, eólica e solar, o que o posiciona como um potencial líder na transição energética.
- Em 2021, o Brasil estabeleceu uma lista de minerais estratégicos dividida em três grupos: 1) minerais cuja importação é vital para setores econômicos; 2) minerais essenciais para produtos de alta tecnologia, como grafite, lítio e terras raras; 3) minerais com vantagens competitivas para superávit comercial.
- O Brasil possui cerca de 10% das reservas globais de minerais críticos, incluindo a maior reserva mundial de nióbio, a segunda maior de grafite e a terceira maior de terras raras e níquel. A disponibilidade de minerais como lítio, cobre e cobalto, fundamentais para tecnologias emergentes, fortalecem a relevância do Brasil na cadeia global de suprimento de minerais críticos.

Impacto nacional

- Por meio do método Insumo-Produto (MIP), calculamos o impacto econômico que o investimento em produção – e posteriormente, refino de minerais críticos – causaria nos horizontes de 2030 e 2050. Para isso, foram construídos três cenários, cada um estipulando uma média de tempo que esse investimento em produção traria retorno.
- Projeta-se que a produção destes minerais em 2030 gere um acréscimo de aproximadamente 30 bilhões de reais em comparação a 2023, o que resultará em um impacto de transbordamento de 1,3 vezes, ou seja, um aumento total de 42 bilhões de reais no PIB brasileiro ao longo desses anos.
- Sob a hipótese do Brasil investir em novas minas, transformando atuais reservas em produções ativas, estima-se que haveria um impacto econômico de até R\$ 233 bilhões em 2050.
- Além disso, caso o País seja capaz de transformar seu potencial de reservas em refino, no curto prazo, haveria um aumento no PIB de R\$ 243 bilhões e grandes expectativas de crescimento em um horizonte maior.

Desafios

- **Baixo mapeamento do potencial mineral:** apenas 35% do território brasileiro é mapeado em termos de potencial mineral, necessitando maior investimento em estudos geológicos e disponibilidade de dados para otimizar a exploração e atrair investidores.
- **Necessidade de um marco legal adequado:** a criação de um marco legal para minerais críticos é crucial para promover um ambiente regulatório seguro, atrair investimentos e alinhar políticas setoriais e federativas para o desenvolvimento sustentável.
- **Disparidade entre reservas e produção efetiva:** o Brasil detém 10% das reservas globais de minerais críticos, mas contribui com apenas 0,09% da produção mundial, evidenciando a necessidade de políticas que incentivem o aumento da produção.

Soluções

- **Oportunidade no refino e processamento:** investir em tecnologia e infraestrutura para refino e processamento de minerais críticos pode posicionar o Brasil como polo de destaque, agregando valor aos recursos e reduzindo a dependência de refino em outros países, como a China.
- **Fomento à mineração e energia verde:** o Brasil está investindo na transição energética, liderando na América Latina, com políticas como a Política Nacional de Transição Energética (PNTE) e o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), que visam atrair investimentos e gerar empregos.
- **Rotas de descarbonização:** iniciativas como o Plano Nacional de Energia 2050 e parcerias internacionais, como a feita com o Chile, visam aumentar a transparência e fomentar a mineração sustentável, alinhando o Brasil à agenda climática global.
- **Restauração da imagem da mineração no Brasil:** promover maior transparência e conscientização sobre a importância da mineração, combatendo a mineração ilegal e reposicionando o setor como um agente de mudança sustentável e essencial para a transição energética.

Considerações finais

- Embora a capacidade do Brasil no desenvolvimento de minerais críticos seja alta, é necessário agir para converter esse potencial em desenvolvimento econômico e fortalecer sua posição global.
- O Brasil possui grandes reservas de minerais estratégicos, mas a produção ainda é limitada. Com uma matriz elétrica limpa e tradição em mineração, o País tem os recursos necessários para se tornar um benchmark global na exploração desses elementos.
- O crescimento do setor depende de investimentos em infraestrutura, criação de condições legais favoráveis, mapeamento abrangente do potencial mineral e divulgação clara de informações, podendo gerar impacto econômico e social relevante e posicionar o Brasil como uma potência em desenvolvimento sustentável.

2. Introdução



Objetivo do relatório

No caminho para cumprir com os objetivos do Acordo de Paris, a transição energética global é um tema central nas discussões sobre sustentabilidade e redução das emissões de carbono. Nesse contexto, a mineração tem um papel fundamental, uma vez que fornece matéria prima para a instalação de fontes de energia renovável. Alguns minerais, globalmente, têm elevada importância econômica para a transição energética e, por isso, são considerados **minerais críticos**.

O objetivo deste relatório é apresentar um panorama do que são minerais críticos, quais os principais e porque eles são importantes, discutir os desafios e as oportunidades em um contexto nacional e mundial, e ainda demonstrar o impacto que os minerais críticos brasileiros podem gerar na economia nacional, influenciando e auxiliando na transição energética do mundo.

Para alcançar esses objetivos, a estrutura do relatório foi cuidadosamente organizada. Inicialmente, será apresentado o conceito de minerais críticos, como são classificados pelo mundo e quais os principais no contexto da transição energética. Posteriormente, tem-se uma análise do contexto global, apresentando a relação entre oferta e demanda, apontando os principais países deste mercado e as relações internacionais de importação e exportação, incluindo os principais setores que demandam o uso desses minerais.

Afunilando para um contexto nacional, o mercado brasileiro de minerais críticos é examinado em profundidade, considerando aspectos como oferta, demanda, distribuição geográfica e tendências relevantes deste setor, além de uma análise de impacto na economia brasileira e os caminhos para que o País seja um protagonista nesta caminhada rumo à transição energética. Serão mapeados os principais desafios e as oportunidades para os minerais críticos no Brasil.

Este relatório apresenta uma visão clara e estratégica do mercado de minerais críticos para a transição energética, apresentando a situação global e a importância do Brasil neste cenário, identificando oportunidades promissoras e como o País pode se posicionar para ser um ator propositivo no novo mercado internacional.



3. Metodologia

Para a realização deste relatório foi feito um estudo do mercado por meio de dados nacionais e internacionais, incluindo pesquisas de mercado, dados públicos setoriais, tendências globais, conversas com referências acadêmicas e relatórios da Deloitte. Já para a parte de cálculo, nosso time interno de especialistas criou um modelo que é descrito a seguir em detalhes.

Construção do impacto dos minerais críticos na economia Brasileira

Construção de modelos

Com base no cenário do mercado de minerais críticos, estimamos o impacto econômico no mercado brasileiro, com a premissa de que a produção de minerais críticos do Brasil acompanhará o crescimento da demanda.

Para estimar o impacto econômico, utilizamos o método Insumo-Produto (MIP), um modelo macroeconômico que captura as relações entre diferentes setores de uma economia. O MIP é comumente utilizado para avaliar a contribuição econômica total associada a uma mudança na produção da indústria impulsionada por gastos adicionais.

Neste estudo, realizamos apenas análises sobre o impacto indireto do aumento da demanda por minerais críticos. O modelo pode analisar o impacto induzido associado ao aumento do emprego em determinada indústria. No entanto, por não entendermos como a demanda final (por exemplo, produção de baterias de lítio para veículos elétricos) mudará no futuro, limitamos nosso escopo ao impacto direto e indireto relacionado ao aumento da produção de minerais críticos.

Premissas utilizadas no modelo Insumo-Produto

A seguir estão os dados e premissas que serviram de base para o nosso cálculo. Observa-se que a mudança delas resulta também em uma mudança do impacto calculado.

- **O impacto no mercado brasileiro** é estimado pela tabela de análise de insumo-produto do Brasil, emitida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2018, baseada em dados de 2015.
- **O crescimento da produção em valor monetário** é estimado utilizando os cenários construídos pela análise de mercado. Com base na previsão de preço e quantidade, estimamos o aumento da produção de minerais críticos até 2050.

Cenários descritos

Criamos três cenários possíveis para o futuro do mercado de minerais críticos, com base nos dados acima e na visão da Deloitte. A ideia central é entender como os investimentos nesse setor no desenvolvimento de novas operações (como a transformação de uma reserva em uma mina ativa, por exemplo), podem impactar o Brasil ao longo do tempo. Os cenários criados foram:

- Se o investimento começar a dar resultado a partir de 2030;
- Se o investimento começar a dar resultado a partir de 2035;
- Se o investimento começar a dar resultado a partir de 2040.

Esta análise não leva em conta mudanças na estrutura da indústria ou o crescimento de setores específicos que podem precisar de minerais críticos. Ou seja, o foco está apenas nos impactos gerais dos investimentos e não nos detalhes de mudanças setoriais. Dependendo de quando os investimentos gerarem aumento na produção, o impacto será diferente.



4. Minerais críticos

Minerais críticos são a base para tecnologias presentes no nosso dia a dia e a gestão estratégica desses recursos será fundamental para a transição energética global.

4.1 O que são minerais críticos

O conceito de minerais críticos é dinâmico, uma vez que varia de acordo com o tempo e o contexto geográfico. De maneira geral, minerais ou matérias-primas são considerados críticos quando desempenham um papel estratégico em setores importantes para o país, especialmente quando existe uma dependência significativa das importações desse recurso. Fatores como a estabilidade dos países produtores, a impossibilidade de substituição e a concentração em regiões específicas também entram nessa equação¹. Minerais como cobre, cobalto, níquel, grafite, lítio e terras raras são os elementos mais frequentes nestas listas.

Cada país define seus próprios critérios e estabelece uma lista de minerais, que pode mudar com base nas circunstâncias políticas e econômicas. Peru e Bolívia, por exemplo, identificam apenas um

mineral crítico cada, enquanto Estados Unidos e União Europeia estabeleceram listas com 50 e 34 minerais respectivamente². A relação dos minerais considerados estratégicos para o Brasil foi definida pelo Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos (CTAPME) na Resolução nº 2/2021. O documento separa os minerais estratégicos em três segmentos: no primeiro estão aqueles que o País depende de importação para o suprimento de setores vitais da economia; o segundo são os minerais que têm importância pela aplicação em produtos e processos de alta tecnologia; e o terceiro, aqueles que detêm vantagens comparativas e são essenciais para a economia pela geração de superávit na balança comercial brasileira. Estas listas vêm ganhando notoriedade devido à crescente urgência de ações voltadas ao combate às mudanças climáticas.

Exemplo de listas

Canadá	Austrália	Brasil	União Europeia	Estados Unidos
				
1 mineral	26 minerais	28 minerais	34 minerais	50 minerais

4.2 Por que os minerais críticos são relevantes

Um futuro com baixa emissão de carbono será altamente intensivo em minerais, pois tecnologias de energia limpa exigem mais componentes minerais do que as tecnologias baseadas em combustíveis fósseis. Em 2023, os combustíveis fósseis ainda representavam cerca de 80% da produção global de energia³. Isso inclui contribuições de carvão, petróleo e gás natural. Apesar do crescimento das fontes de energia renovável, a matriz energética global continua fortemente dependente destes combustíveis que emitem gás carbônico e contribuem para a degradação ambiental do planeta.

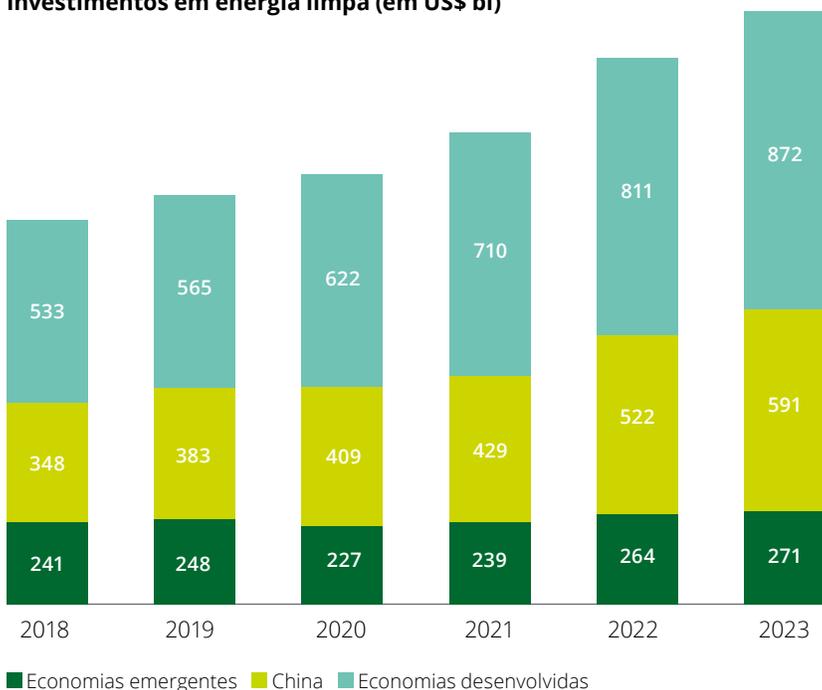
Para reverter este cenário, metas climáticas ambiciosas foram definidas pelo Acordo de Paris em 2015. Assinado por 195 países e pela União Europeia, o acordo desafia a tecnologia e a capacidade humana de se reinventar. Os

países se comprometeram a alcançar a neutralidade de carbono até 2050 e limitar o aquecimento global ao aumento em 1,5°C ou 2°C até 2100. Tendo em vista estas metas, os investimentos globais na transição energética atingiram US\$ 1,7 trilhões em 2023⁴, um valor recorde. Estes valores foram impulsionados principalmente pela China e países desenvolvidos. No entanto, o montante ainda é insuficiente para atingir as metas de neutralidade de carbono até 2050. De acordo com análises da Bloomberg e da Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA), será necessário investir cerca de US\$ 4,8 trilhões por ano entre 2024 e 2030 para alinhar o mundo ao cenário de zero emissões líquidas de carbono⁵.

Dentro deste contexto, os minerais críticos têm papel fundamental. A International Energy Agency (IEA) calcula que, até 2040, o mundo deve precisar de três vezes mais minerais críticos para inovação do que necessita hoje⁶. De acordo com o último relatório de minerais críticos feito pela IEA, em 2024, a implantação global de energia limpa atingiu novos patamares. Desde 2012, a maioria das novas fontes geradoras de energia instaladas no mundo são de fontes renováveis. Em 2022, 8 a cada 10 novas fontes de energia instaladas foram de fontes limpas. De todas as novas adições, cerca de 75% se concentram principalmente na China, Estados Unidos e países da Europa⁷. Os grandes agentes de crescimento neste mercado no cenário mundial são as fontes fotovoltaicas e eólicas. Entre 2012 e 2022, a capacidade fotovoltaica cresceu 26 vezes em novas instalações e a eólica, que demanda maior investimento, 5 vezes.

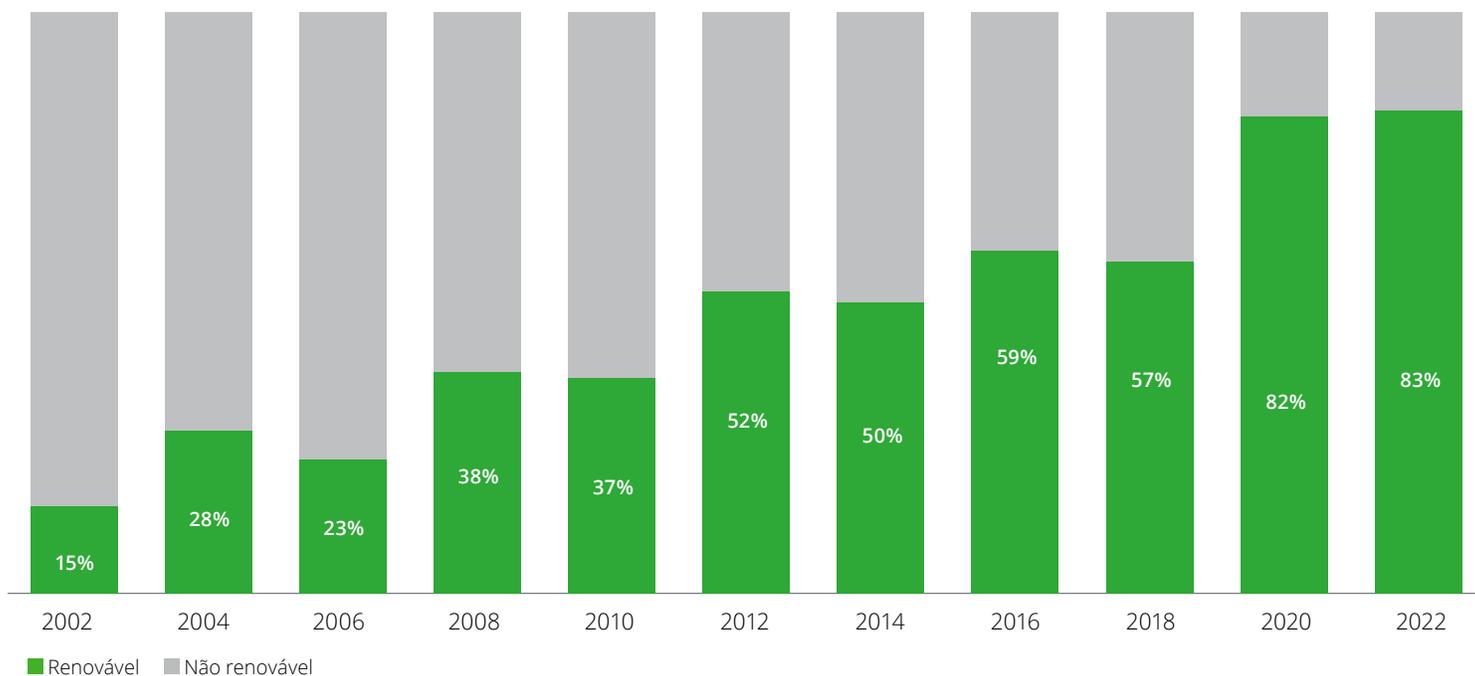
Ambas as fontes demandam grandes quantidades de minerais críticos. Uma turbina eólica terrestre comum precisa de 5.500 kg de zinco, 3.000 kg de cobre, 400 kg de níquel e 20 kg de elementos de terras raras por megawatt de capacidade instalada. A energia solar fotovoltaica requer 3.000 kg de cobre e 4.000 kg de silício por megawatt⁸. Outro aspecto fundamental é a expansão das redes de transmissão para conectar essas novas fontes de energia aos usuários finais. A IEA estima

Investimentos em energia limpa (em US\$ bi)



■ Economias emergentes ■ China ■ Economias desenvolvidas
International Energy Agency

Percentual anual renovável de novas fontes de energia (2002-2022)

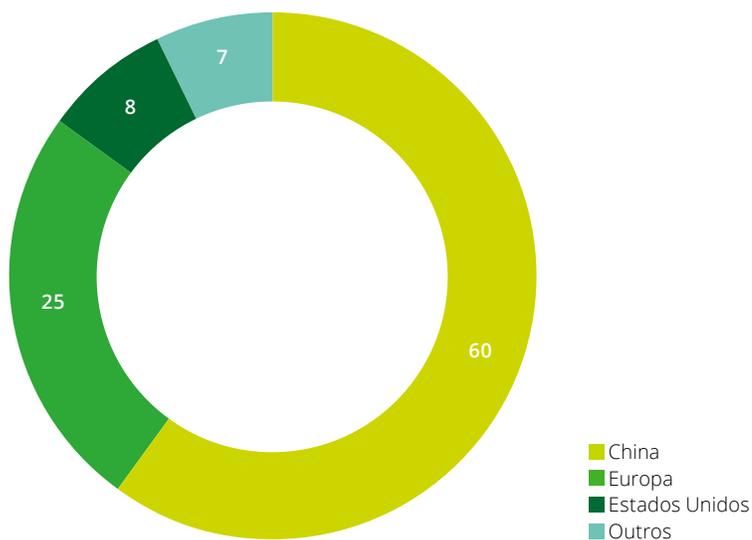


Irena – World Energy Transitions Outlook 2023

que essa demanda aumentará consideravelmente a necessidade por cobre, com uma estimativa de 89 milhões de quilômetros – cerca de 2.200 voltas na Terra – de fio de cobre laminado para a ampliação das redes globais, além de 51 milhões de quilômetros adicionais para substituir conexões antigas até 2050⁹.

A ascensão dos veículos elétricos também aumenta a demanda por minerais críticos como cobre, lítio, cobalto, níquel e terras raras, essenciais para baterias e outros componentes. Um carro convencional utiliza menos minerais críticos do que um elétrico. Um veículo com bateria e motor de íons de lítio padrão utiliza 53 kg de cobre – 239% a mais do que um carro a gasolina – além de requerer 40 kg de níquel, 9 kg de lítio e 13,3 kg de cobalto. China, Estados Unidos e Europa são os principais demandantes desses recursos, com a China liderando tanto a produção quanto o consumo¹⁰.

Vendas de carros elétricos – 2023 (em %)



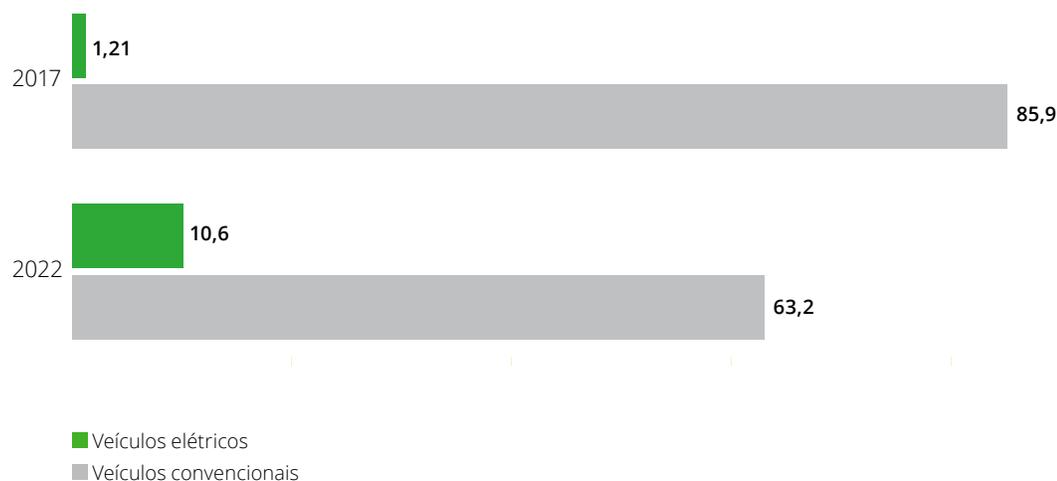
Em 2023, as vendas globais de carros elétricos atingiram 14 milhões, um aumento de 35% em relação a 2022. Esses veículos representaram 18% de todas as vendas de automóveis, contra 14% no ano anterior e apenas 2% em 2018. Com as premissas definidas de descarbonização, a demanda seguirá aumentando cerca de 20% ao ano até 2035 – chegando à previsão total de 500 milhões de veículos elétricos ativos¹¹.

A indústria de transporte é um excelente exemplo em que incentivos e políticas públicas beneficiam a todos. Um estudo realizado em abril de 2021¹² mostra que mais de 20 países e 70 governos já haviam adotado algum tipo de meta para descarbonização de veículos até 2050. Atualmente, a maioria dos países oferece um subsídio ou redução de imposto para compra deste modelo de

automóvel e, combinado com políticas de infraestrutura de recarga, ele vem se tornando cada vez mais popular. Os carros elétricos em sua grande maioria são mais eficientes e demandam menos manutenção do que os carros convencionais, favorecendo o meio ambiente e o consumidor final.

Tecnologias como baterias, carros elétricos, turbinas eólicas e painéis solares exigem uma quantidade significativa de minerais como lítio, cobre e terras raras. Essa demanda crescente levanta desafios quanto à segurança no fornecimento, sustentabilidade das cadeias de produção e desenvolvimento de alternativas tecnológicas, tornando a gestão estratégica desses recursos um fator essencial para o futuro energético global.

Vendas de veículos tradicionais (em milhões)



World Economic Forum



DRIVE ON SUNSHINE
Circuitry



5. O mercado internacional

Com o aumento previsto da demanda por minerais críticos, a criação de uma nova cadeia de suprimentos, mais diversificada e sustentável, será crucial para garantir a transição para uma economia de baixo carbono.

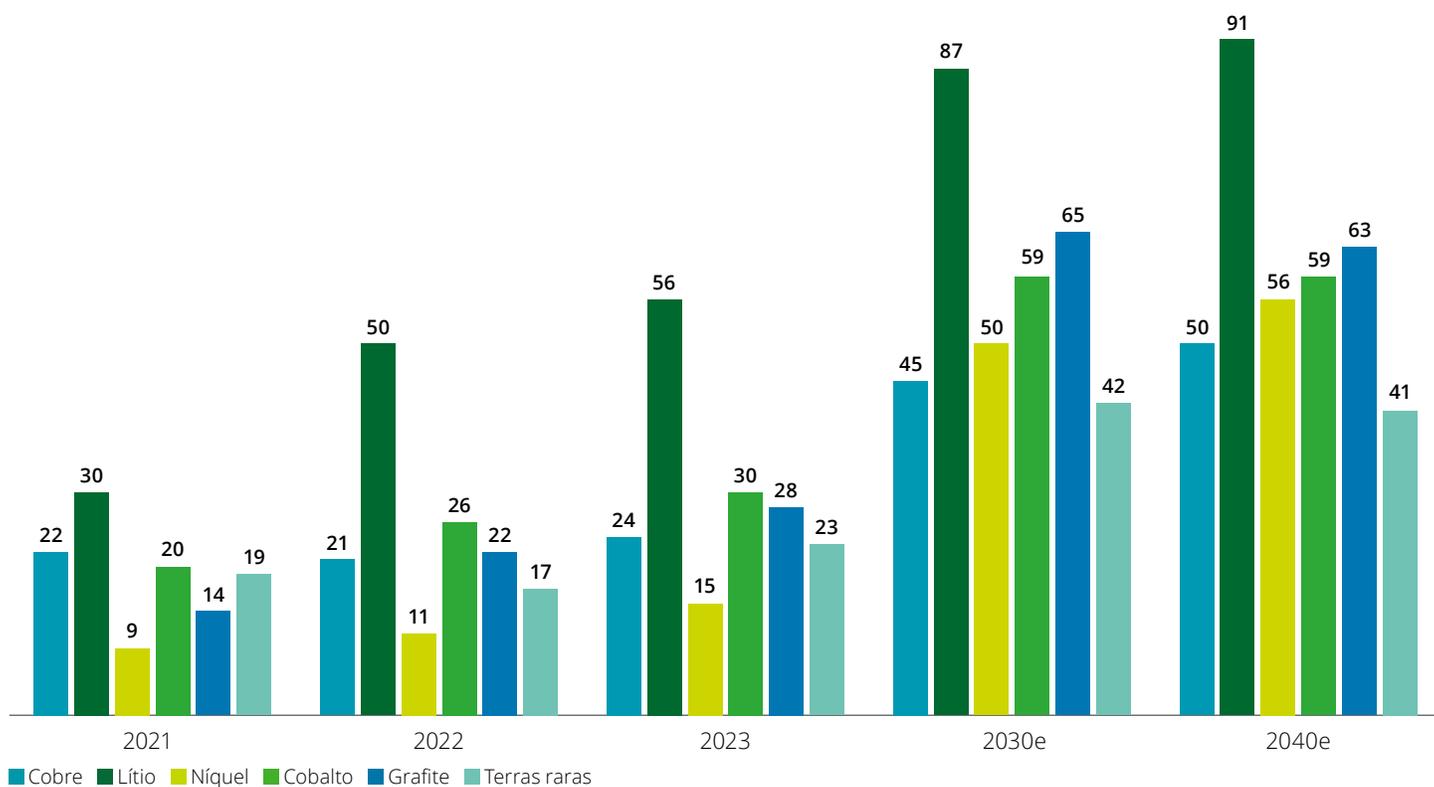
5.1 Demanda – Quem utiliza estes minerais no mundo

A expansão da demanda por minerais no cenário energético do futuro

O mundo está se preparando para estabelecer uma nova matriz energética baseada em fontes de energias limpas. Neste cenário com objetivos climáticos estabelecidos, o protagonismo dos minerais críticos aumenta de uma forma nunca vista antes na história.

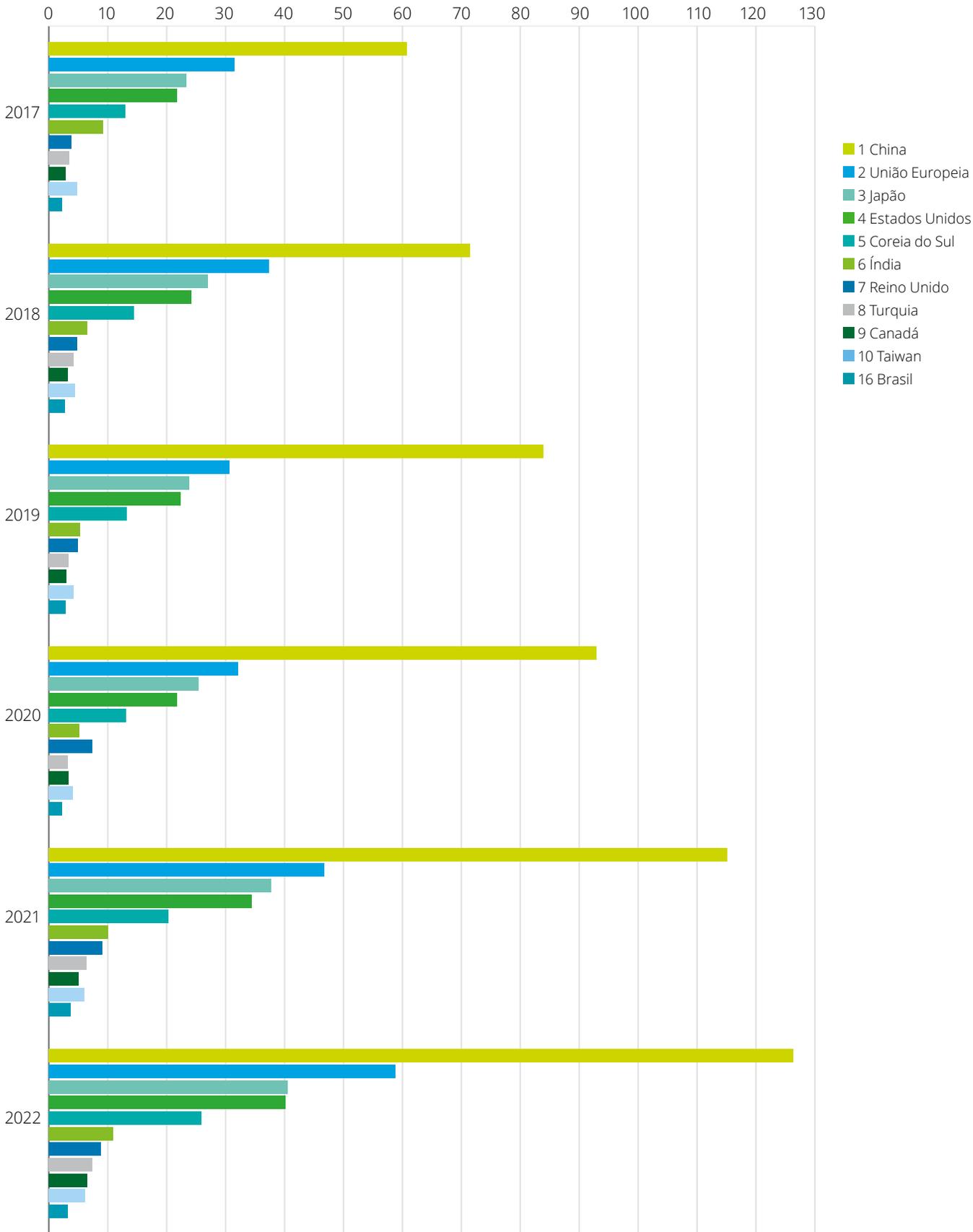
A demanda por petróleo, por exemplo, dobrou entre 1970 e 2020, já a do lítio deve aumentar nove vezes entre 2024 e 2050¹³. As projeções apontam que outros minerais devem seguir esta tendência de aumento significativo.

Percentual demandado para energia limpa (%)



IEA – Global Critical Minerals Outlook 2024

Principais importadores de minerais críticos (em US\$ bi)



De acordo com a IEA, em 2021, a demanda para energias limpas representava, em média, 20% da demanda total de minerais críticos. Já em 2022 este número pula para 25%, muito puxado pelo lítio. Em 2023, 30% de todos os seis principais minerais são destinados a energias renováveis. Entre 2021 e 2023, o crescimento da demanda de minerais críticos para transição energética foi de quase 60%¹⁴. A expectativa é que o mercado de energia limpa dobre a demanda por minerais críticos até 2030¹⁵.

Buscando o atingimento de neutralidade total de emissões de carbono até 2050, esses números deverão ser ainda maiores. A necessidade destes minerais aponta para novas relações internacionais de demanda. Os países que mais demandam estes minerais são aqueles que lideram a transformação tecnológica, como China, Estados Unidos, Japão, Coreia do Sul e países da União Europeia¹⁶.

Os minerais possuem características específicas que determinam seu papel na nova cadeia de valor da transição energética. Além das novas formas de geração de energia, os elementos são aplicados a indústrias tradicionais e outras tecnologias como construção civil, aeronáutica, telas diversas, celulares, notebooks, microchips, scanners médicos, baterias portáteis e redes de transmissão.

Cada mineral crítico tem suas características, portanto, é impossível analisar o contexto global da demanda sem um aprofundamento. Por conta desta complexidade, apresentamos uma análise de cada mineral e suas principais aplicações na transição energética.

Mineral	Carros elétricos	Energia eólica	Energia solar	Energia hidráulica	Energia nuclear
Cobre					
Lítio					
Níquel					
Grafite					
Cobalto					
Terras raras					

Mineral utilizado em larga escala Mineral utilizado em escala moderada Mineral pouco ou não utilizado

World Economic Forum

As aplicações dos principais minerais críticos

A seguir, destacamos os principais minerais críticos – cobre, cobalto, grafite, lítio, níquel e terras raras –, explicando suas aplicações na transição energética e identificando os países que lideram a demanda por esses materiais.

Cobre

Um dos principais minerais críticos, o cobre está presente em todas as tecnologias mais importantes de energia limpa: veículos elétricos, energia solar, energia eólica e redes elétricas. Isso acontece por uma combinação de suas características: condutividade eletrônica, durabilidade, maleabilidade e resistência à corrosão. O cobre também é amplamente utilizado na construção civil, maquinário industrial e transporte.

Aplicação na transição energética: principal condutor elétrico que conecta as redes de transmissão ao redor do mundo, o cobre tem sido responsável pela criação de novos sistemas de malha elétrica e pela renovação das fiações antigas. Sua demanda no setor de energias limpas deve aumentar 45% até 2030¹⁷.

Quem compra: os maiores compradores estão na China, Estados Unidos, Japão e União Europeia, que utilizam o cobre em suas indústrias de tecnologia e construção civil¹⁸.

Cobalto

No passado, o cobalto era amplamente utilizado na produção de pigmentos para tintas, cerâmicas e vidros. Atualmente, o uso principal do cobalto está em baterias recarregáveis, especialmente em veículos elétricos e dispositivos eletrônicos, além de superligas para aplicações em indústrias aeroespaciais e militares.

Aplicação na transição energética: é essencial para baterias de veículos elétricos, mas sua participação tende a diminuir com a transição para baterias com menor ou nenhum uso de cobalto, como as LFP e baterias de sódio-íon.

Quem compra: fabricantes de veículos elétricos, empresas de eletrônicos e setores de defesa e aeroespacial que utilizam superligas para equipamentos de alta resistência. Os países que mais compram são Coreia do Sul, Japão e China¹⁹.

Grafite

O grafite é uma forma de carbono conhecido popularmente pela sua utilização em lápis e lapiseiras, mas também é utilizado como lubrificante e condutor elétrico resistente a altas temperaturas. Desde meados de 2020 tornou-se um grande insumo para fabricação de baterias – o que já representa mais que 50% da sua demanda total. Até 2040, é esperado que sua procura dobre, chegando a 13 Mts²⁰.

Aplicação na transição energética: o grafite é essencial na transição energética porque é usado nos ânodos de baterias de íon-lítio, que permitem armazenar e liberar energia de forma eficiente. Estas baterias alimentam veículos elétricos e sistemas de armazenamento de energia. Em 2040, a expectativa é que 65% da sua demanda seja destinada às baterias²¹.

Quem compra: os compradores de grafite são os grandes produtores de baterias: 90% estão concentrados na China e, os outros 10%, nos Estados Unidos, Europa e Japão.

Lítio

O lítio é o mineral cuja demanda mais deverá crescer proporcionalmente ao que é utilizado hoje – 50% para energia limpa e 50% para outras aplicações –, com a maior parte direcionada para a indústria de baterias de carros elétricos. As projeções apontam que sua demanda deverá aumentar nove vezes para que seja possível o atingimento de emissões zero de carbono até 2050²².

Aplicação na transição energética: devido às suas propriedades eletroquímicas superiores, o lítio tornou-se essencial para baterias de alta densidade energética, que agora dominam a estrutura de demanda global nos veículos e smartphones.

Quem compra: líder do mercado de produção de baterias e de carros elétricos, a China é a principal compradora do mineral.

Níquel

Usado em uma ampla gama de aplicações, é importante para a economia em geral por sua utilização em ligas e aço inoxidável. Em 2015, 75% de sua demanda era para uso em ligas (incluindo aço inoxidável e aplicações não ferrosas). No entanto, entre 2020 e 2023, isso mudou substancialmente, e o setor de energia limpa foi o principal responsável pelo aumento de 30% na demanda geral de níquel²³.

Aplicação na transição energética: embora sua principal aplicação seja em baterias de veículos elétricos, também é aplicado nas turbinas eólicas e na energia geotermal – energia renovável obtida do calor proveniente do interior da Terra –, usada para gerar eletricidade e aquecer ambientes.

Quem compra: grandes consumidores como China, Estados Unidos e União Europeia, que estão focados no uso em tecnologias limpas e na produção de veículos elétricos.

Terras raras

Terras raras é o nome utilizado para um conjunto de 17 minerais com propriedades especiais como magnetismo intenso e capacidade de absorção de luz. São chamados de “raros” não porque são escassos no mundo, mas porque são encontrados em baixas concentrações e misturados a outros minerais. Esta condição torna o processo de exploração complexo e caro, dificultando sua extração²⁴. A sua demanda dobrou entre 2015 e 2023, chegando a 93 kt²⁵.

Aplicação na transição energética: a grande aplicação das terras raras é em super ímãs de motores de carros elétricos e de turbinas eólicas. O mineral também é utilizado em tecnologias de LED, lasers e outros aparelhos eletrônicos.

Quem compra: os maiores compradores estão na China, que concentra a manufatura de eletrônicos e a produção de equipamentos para energia eólica e baterias²⁶.

Em síntese, a maioria destes minerais críticos terão suas destinações alteradas em breve, saindo de indústrias tradicionais como construção civil para equipamentos de alta tecnologia ou aqueles utilizados na transição energética. Nesse cenário de mudança, novas relações com as cadeias de suprimento de minerais serão necessárias. A necessidade de estabelecer ofertas estáveis para as novas tecnologias é fundamental para um futuro sustentável e o atingimento das metas de descarbonização.

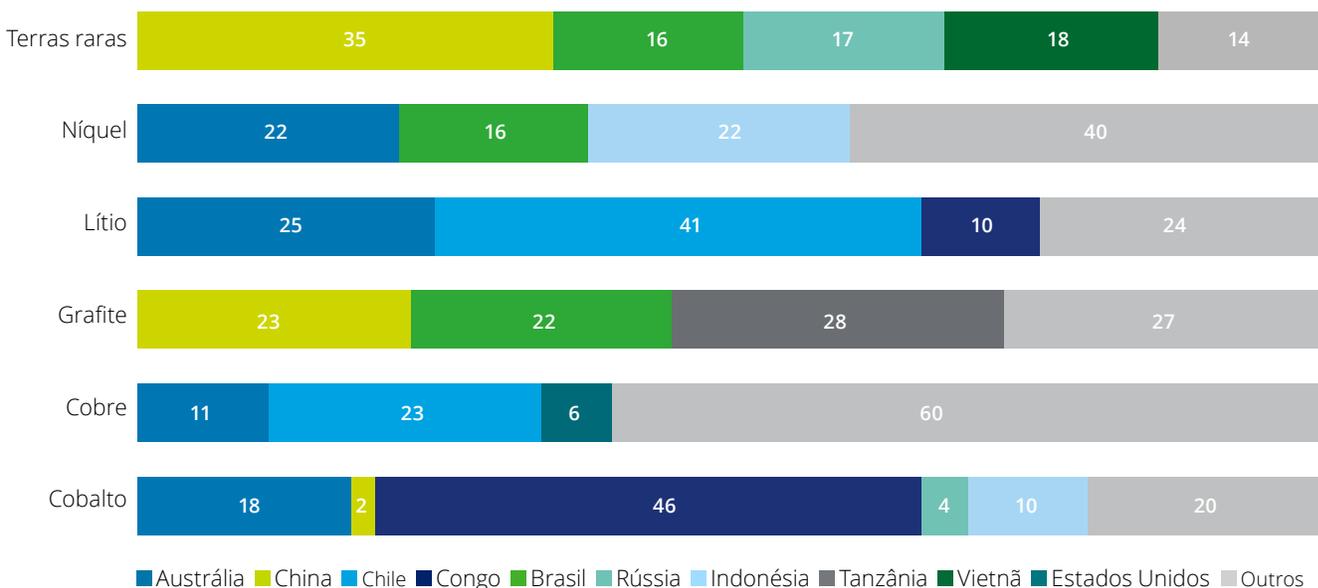
5.2 Oferta – Quem produz os minerais críticos

Reservas, produção e refino

A análise da oferta é dividida sob três perspectivas: reservas, produção e refino. A dimensão das reservas pode ser considerada a mais diversificada. Alguns países possuem reservas significativas, incluindo Brasil, China, Indonésia, Tanzânia, Chile e Congo, mas o processo de exploração e desenvolvimento de novas

minas é longo e complexo. De acordo com o S&P, a média mundial entre a descoberta de uma mina e o início de sua operação é de 16 anos, o que ressalta a necessidade de investimentos de longo prazo, alinhamento de políticas públicas e planejamento estratégico.

Distribuição de reservas dos principais minerais críticos (em %)



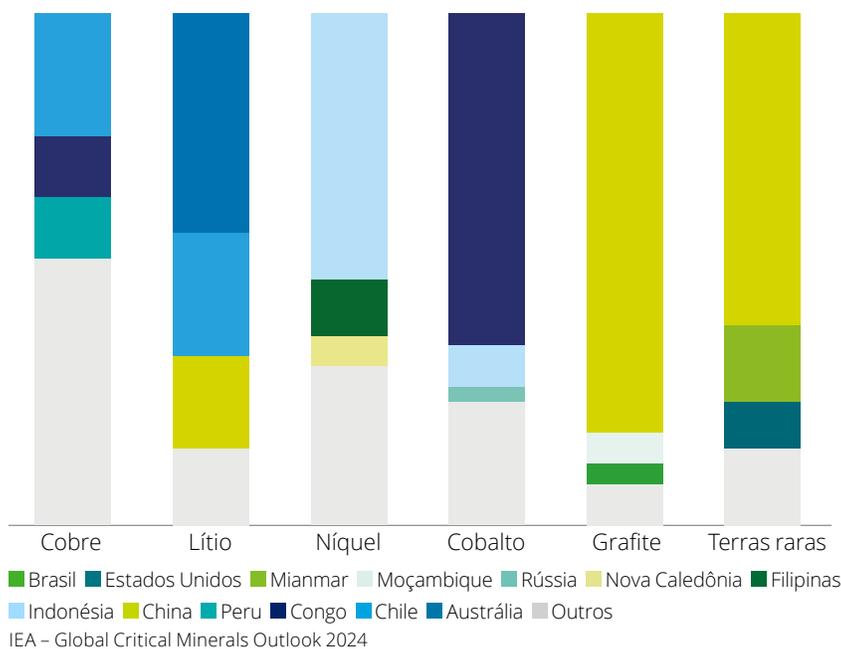
U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2024

Em relação à produção, os minerais críticos são extraídos em poucas regiões, como China, Estados Unidos, Filipinas, Austrália, Indonésia, Chile e Congo, o que concentra a oferta em poucos países. Esse cenário aumenta a vulnerabilidade do fornecimento a interrupções causadas por acidentes, mudanças regulatórias ou oscilações econômicas. Além disso, a alta concentração da produção nesses países projeta uma continuidade do domínio até 2030²⁷, gerando riscos à estabilidade de preços e ao avanço das metas climáticas.

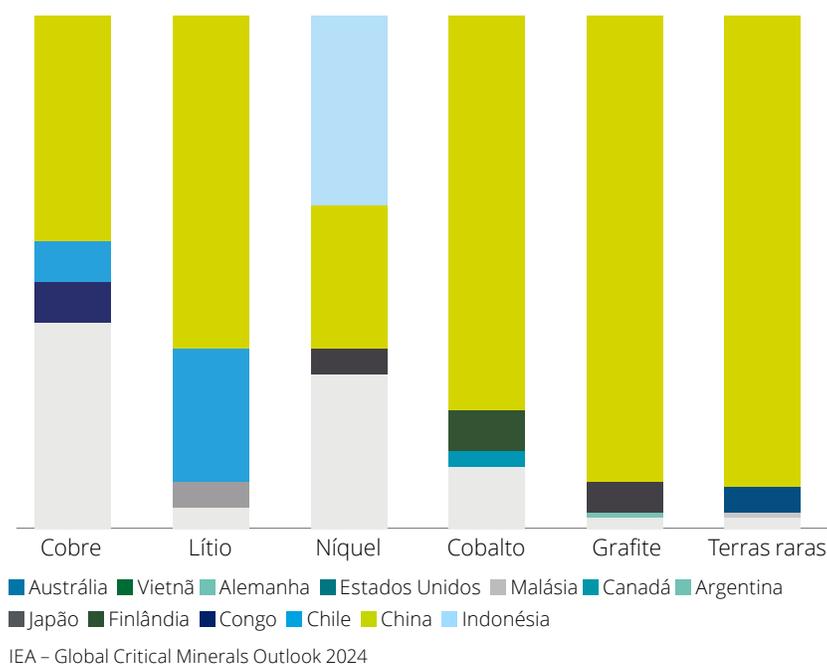
O estágio de refino é o mais concentrado – e onde está o maior valor agregado. A China se destaca como a maior refinadora de minerais críticos, controlando mais de 60% desse mercado. Esse monopólio é resultado de políticas públicas chinesas implementadas ao longo de cinco décadas, que concentrou as principais indústrias do setor e maximizou a eficiência, dificultando a competição de novos entrantes. A incerteza sobre a demanda futura, à medida que tecnologias evoluem e novos materiais podem se tornar necessários, também impede grandes investimentos em refino fora da China.

Questões geopolíticas ascendem entre cada etapa. Por um lado, surgem preocupações éticas relacionadas a condições de trabalho precárias em regiões como o Congo, enquanto o conflito na Ucrânia²⁸ distorce preços e desestabiliza as cadeias de suprimento. Ao mesmo tempo, a China domina o mercado, controlando grande parte da cadeia, o que coloca os Estados Unidos em uma posição complexa ao tentar reduzir sua dependência. Para uma compreensão do cenário total, é importante analisar as particularidades de cada material. Para este entendimento, apresentamos uma análise da oferta dos principais minerais críticos.

Principais produtores de minerais críticos – 2023 (em %)



Distribuição global do refino – 2023 (em %)



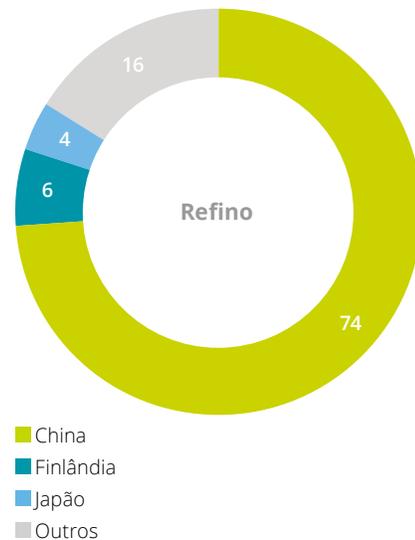
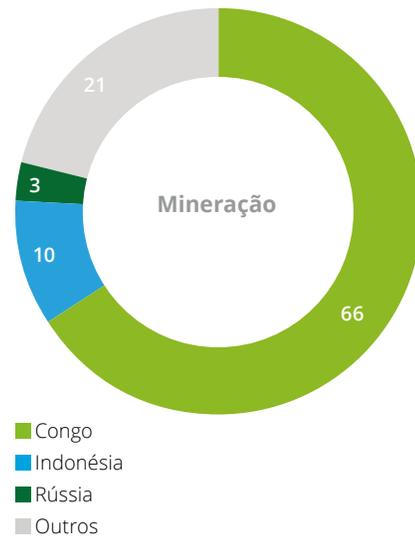
A oferta de cada mineral pelo mundo

Esta seção conta com uma análise dos principais aspectos da oferta de minerais críticos relevantes para a transição energética. O estudo examina o volume de produção, os principais países produtores, as reservas globais disponíveis, os maiores refinadores e as projeções de produção até 2030.

Cobalto

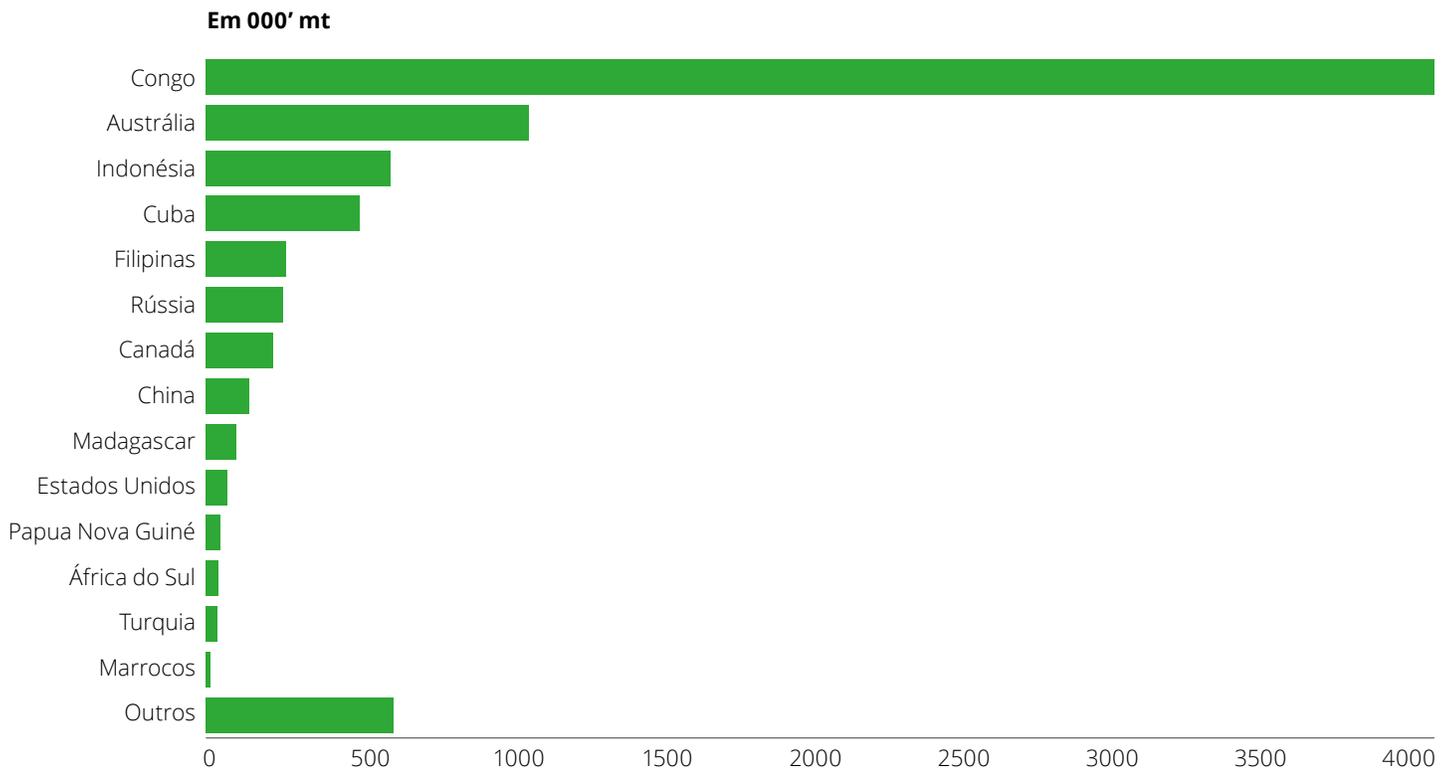
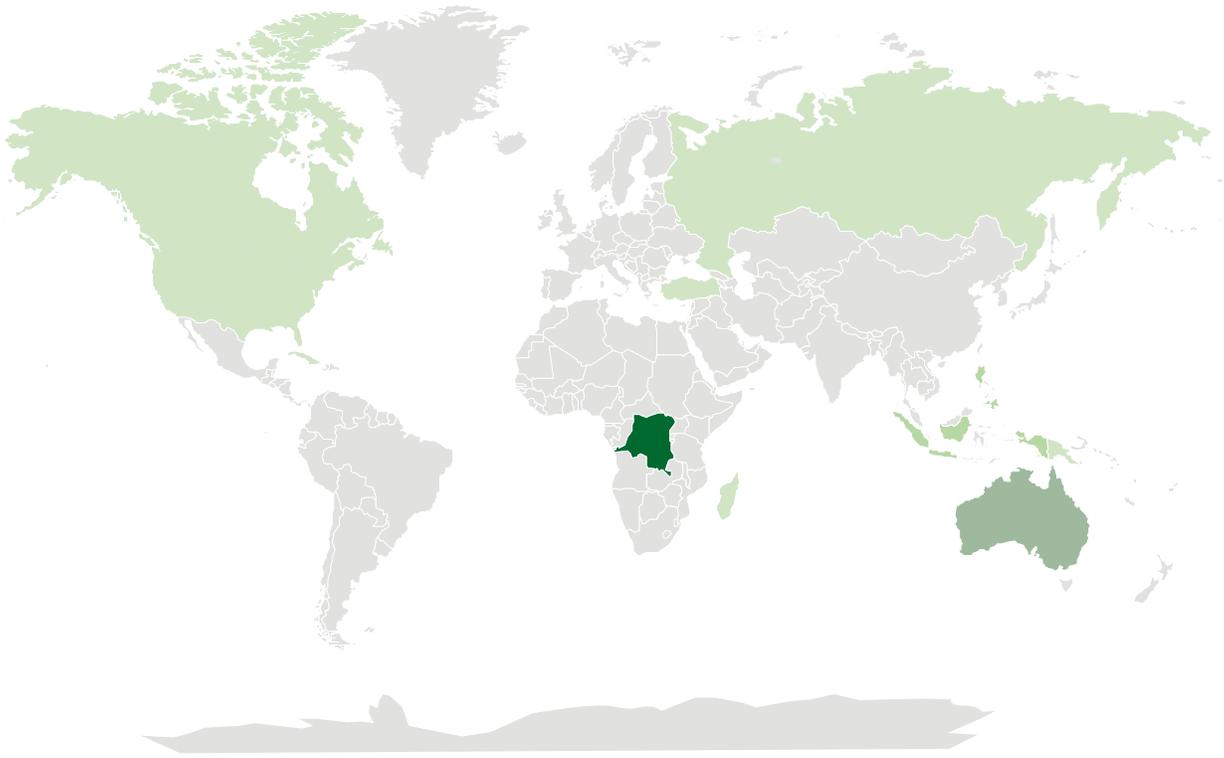
- **Volume de produção:** o mercado de cobalto é bem abastecido. A produção mundial chegou a 180 mil toneladas (kt) e deve chegar 450 kt em 2030²⁹.
- **Refinamento:** a China é responsável por mais de 75% do refino global de cobalto, devendo manter essa participação até 2040. Finlândia e Japão também contribuem com cerca de 6% e 4% do refino global, respectivamente.
- **Quem produz:** a produção global de cobalto é dominada pela República Democrática do Congo (RDC), que responde por cerca de 65% da oferta mundial. A Indonésia surge como segundo maior produtor e tem projeções de dobrar a sua oferta até 2030³⁰.
- **Reservas:** a principal reserva está localizada no Congo – o maior produtor. A Austrália aparece como segunda maior reserva, seguida pela Rússia. Estados Unidos e alguns países da África também entram neste cenário de potencial produtor³¹.

Principais produtores 2030 – IEA (em %)



IEA – Global Critical Minerals Outlook 2024

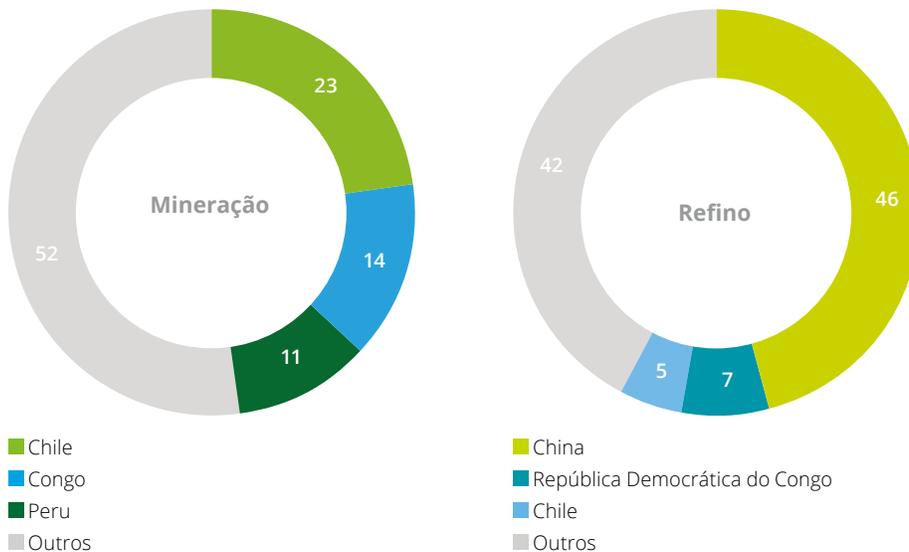
Distribuição de reservas de cobalto



Cobre

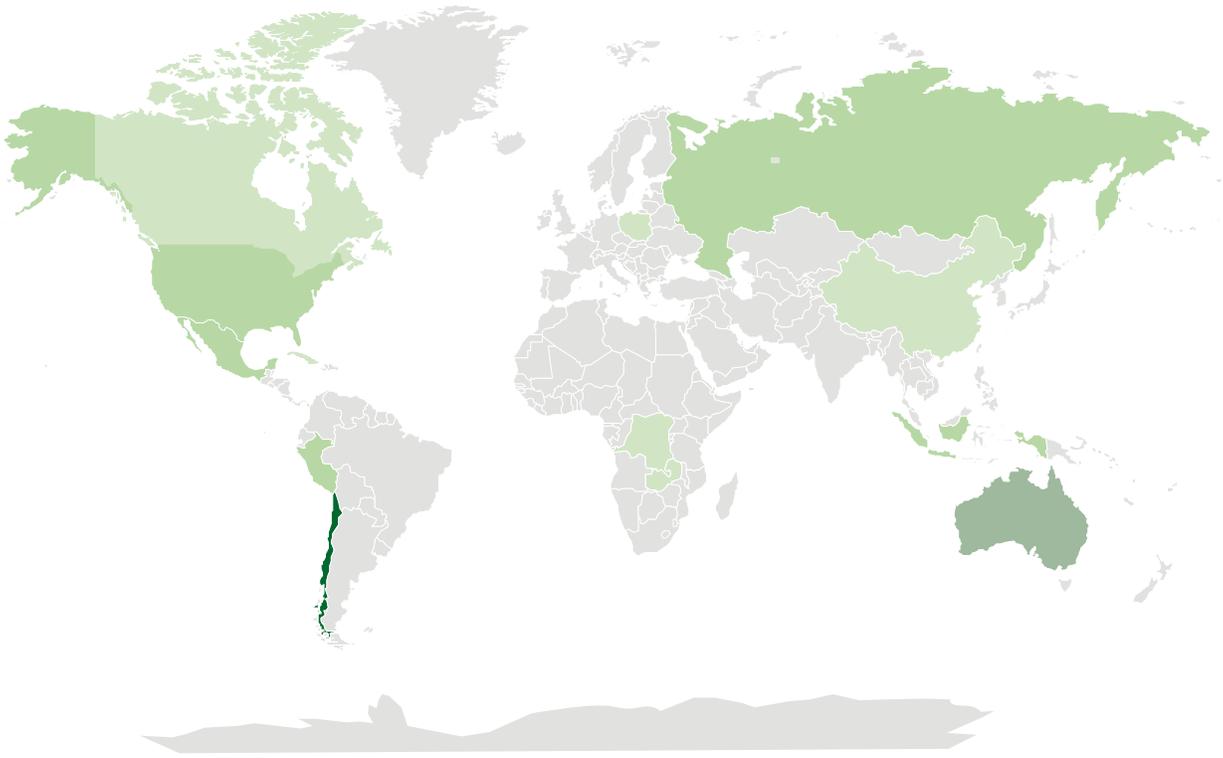
- **Volume de produção:** a produção global de cobre refinado foi de 27 milhões de toneladas (Mt) em 2023³², com a demanda projetada para crescer até 40 Mt em 2050, impulsionada pela expansão de energias renováveis, veículos elétricos e redes elétricas³³.
- **Quem produz:** os três principais produtores de cobre são Chile, Peru e Congo.
- **Refinamento:** o refinamento de cobre é mais concentrado do que a mineração, com os três maiores refinadores controlando 58% do mercado. A China responde por 46% do cobre refinado global, seguida pela Congo como a segunda maior refinadora, ao lado do Chile³⁴.
- **Reservas:** a América do Sul detém 30% das reservas mundiais de cobre – somando-se Chile (21%) e Peru (9%). A Austrália também se destaca com 11%.

Principais produtores 2030 – IEA (em %)

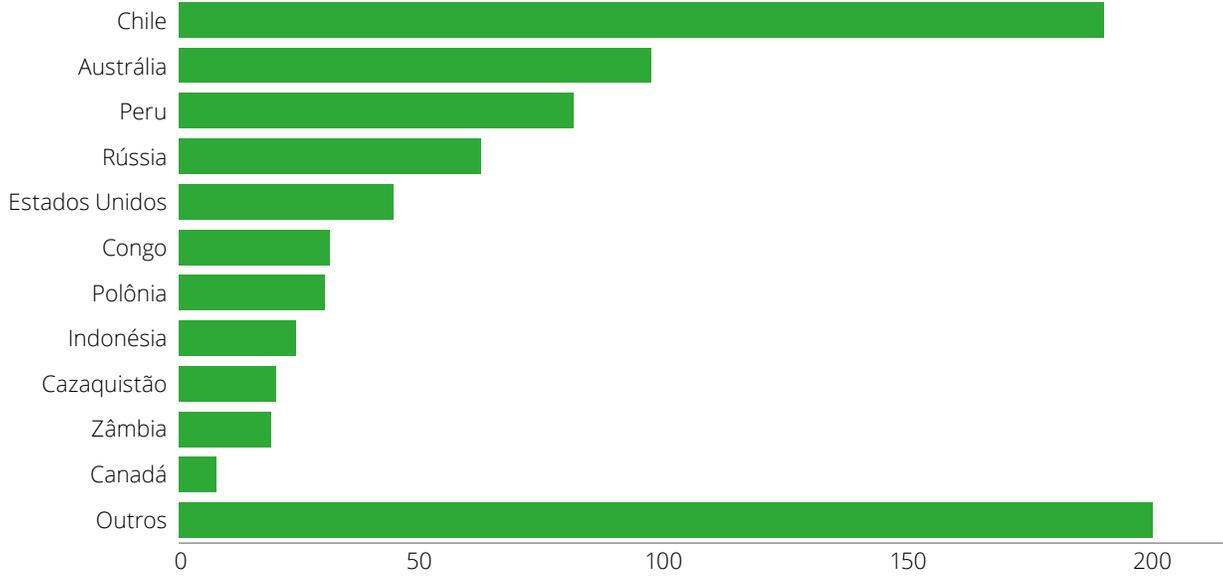


IEA – Global Critical Minerals Outlook 2024

Distribuição de reservas de cobre



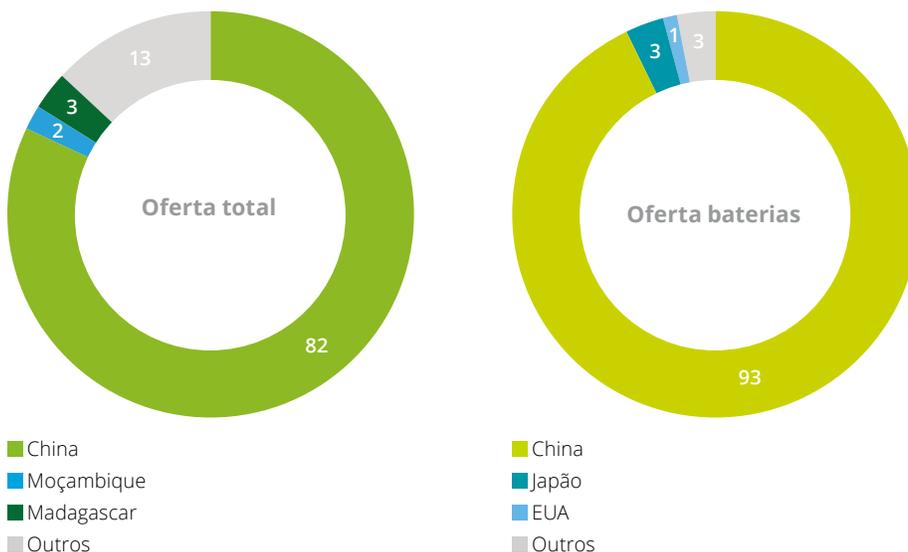
Em 000' mt



Grafite

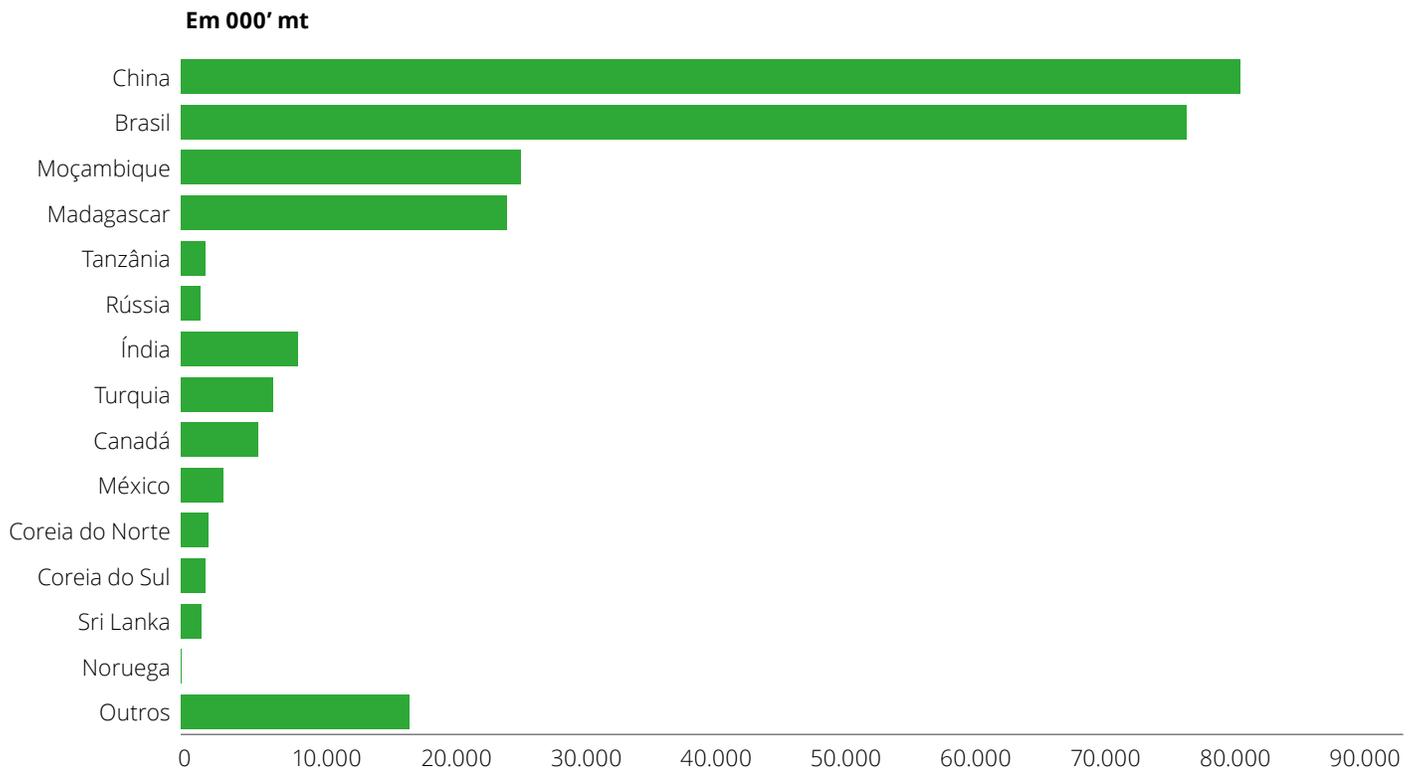
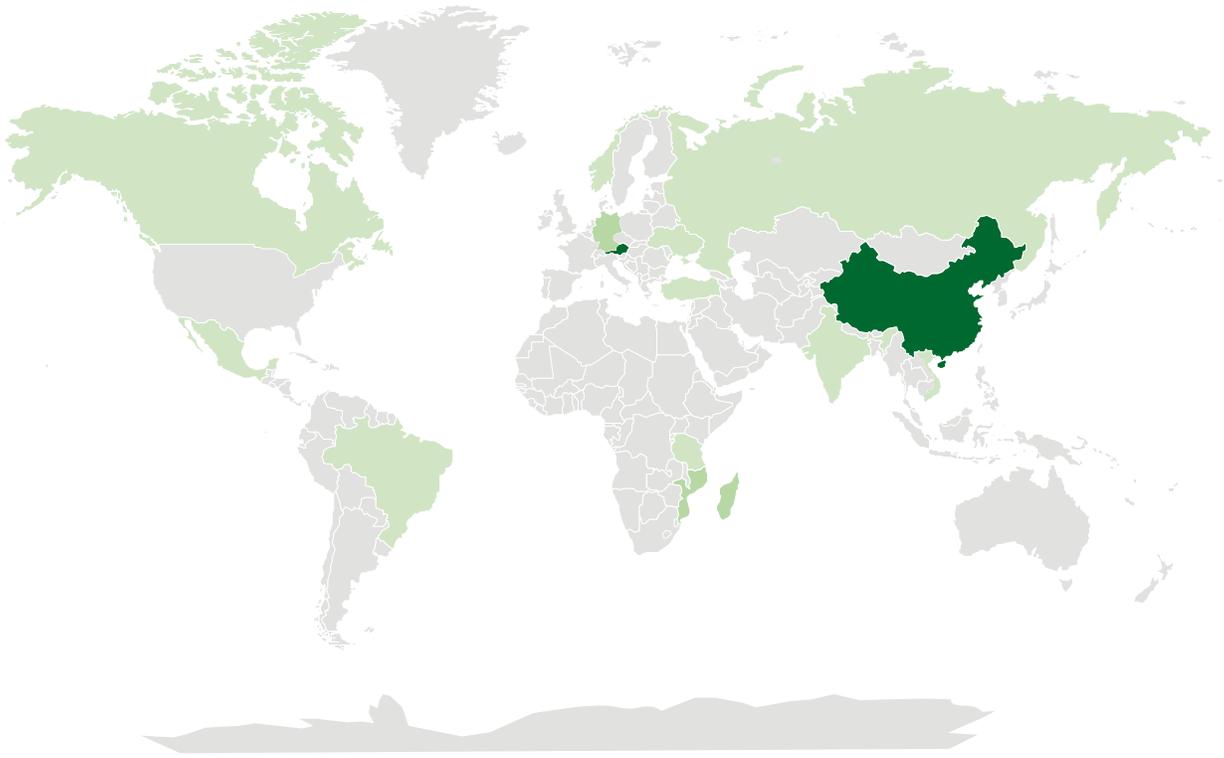
- Volume de produção:** a produção global de grafite natural é extremamente concentrada na China. Em 2023, o país produziu 1,2 milhões de toneladas (Mt)³⁵ e deve atingir 2,7 Mt em 2030 e 3 Mt em 2040. A IEA aponta que, caso novos projetos não saiam do papel, a oferta atual pode não ser suficiente para atingir as metas climáticas até 2050.
- Quem produz:** a China representa 82% da produção global. Apesar de algumas operações de revestimento e purificação ocorrerem em outros países, a dependência da China para o fornecimento de matéria-prima permanece elevada. Moçambique, Madagascar, Canadá, Estados Unidos, Suécia, Índia, Austrália e Tanzânia estão investindo em projetos para aumentar a oferta global, especialmente focando no mercado de baterias³⁶.
- Refinamento:** o grafite esférico, uma forma refinada de grafite natural usado em baterias, é dominado pela China, que controla 99% do mercado. Esse domínio pode diminuir para 85% em 2030 e 80% em 2040, conforme avancem novos projetos em países como Canadá, Estados Unidos e Suécia.
- Reservas:** embora a maior reserva esteja localizada na China (28%), o Brasil é um dos grandes players desse mercado, retendo 26% da capacidade global, de acordo com análise feita em 2023³⁷. Os demais depósitos estão espalhados pelo mundo em quantidades menores.

Principais produtores 2030 - IEA (em %)



IEA – Global Critical Minerals Outlook 2024

Distribuição de reservas de grafite

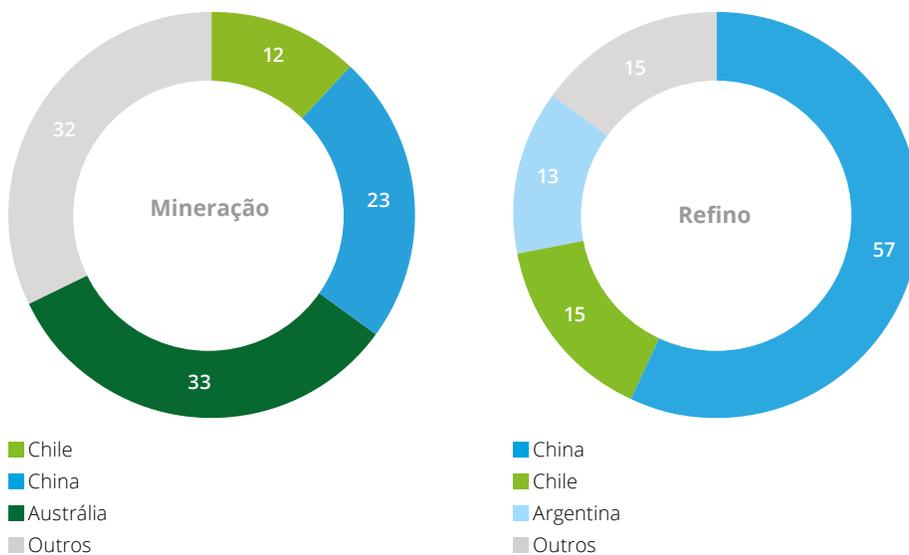


U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2024

Lítio

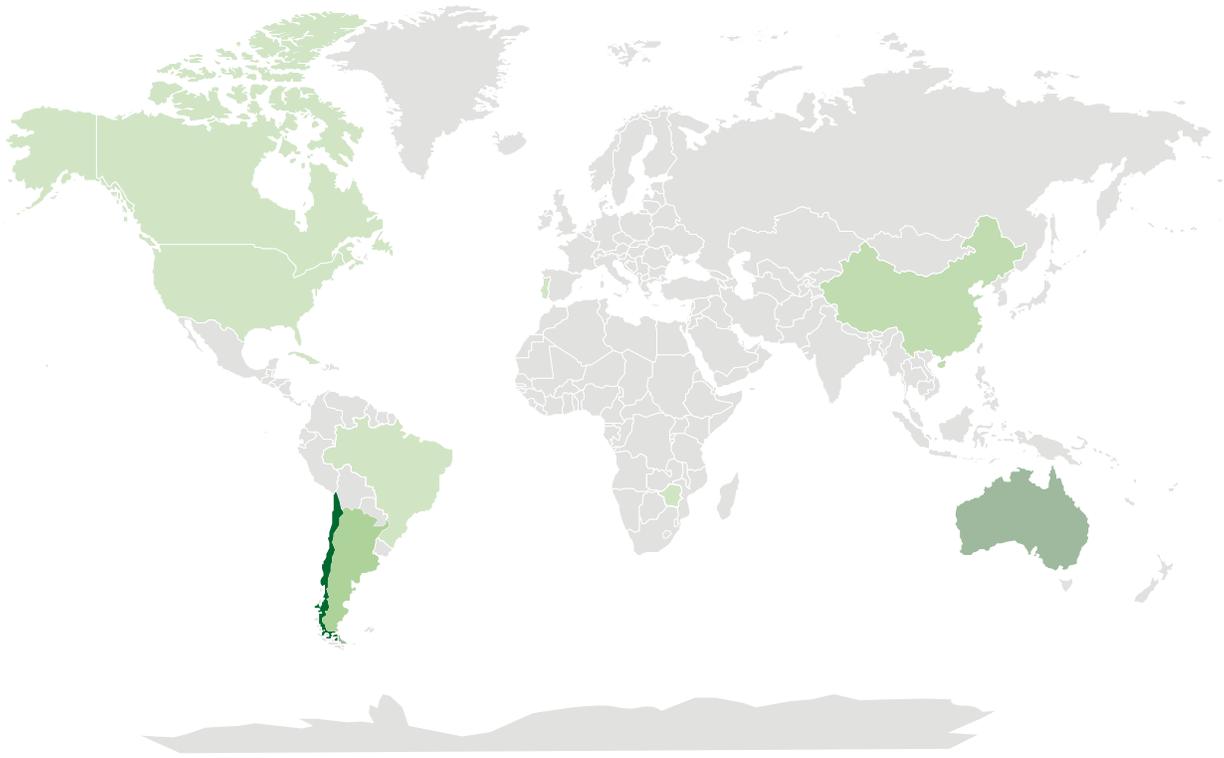
- **Volume de produção:** em 2023, a produção anual global de lítio foi de cerca de 180 mil toneladas (kt)³⁸. A Austrália liderou com 86 kt, seguida pelo Chile (44 kt), China (33 kt) e Argentina (10 kt). A produção global deve dobrar até 2030, alcançando 450 kt³⁹.
- **Quem produz:** mais de 50% do lítio minerado no mundo vem da Austrália (33%) e da China (23%).
- **Refinamento:** quase 60% do refino é feito na China, mas é importante ressaltar a importância da América do Sul – juntos, Chile e Argentina respondem a 28% do refino⁴⁰.
- **Reservas:** cerca de 72% dos depósitos de lítio estão concentrados no hemisfério sul, principalmente no Chile, Austrália e Argentina. A América Latina tem grande potencial para se tornar fornecedora de lítio, com destaque para o Salar de Atacama, no Chile, que ainda é o maior produtor da região. O interesse na Argentina vem crescendo, impulsionado por vários projetos de extração de salmoura. A Argentina atrai mais de 80% dos investimentos futuros em lítio na América Latina, com apoio de investidores globais, consolidando sua importância no setor⁴¹.

Principais produtores 2030 – IEA (em %)

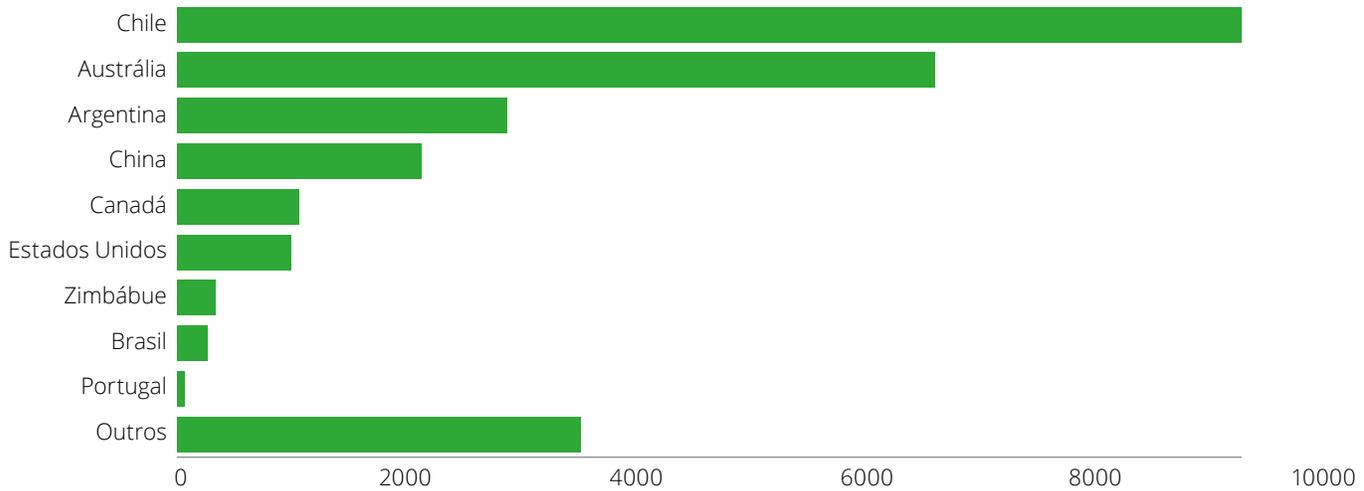


IEA – Global Critical Minerals Outlook 2024

Distribuição de reservas de lítio



Em 000' mt

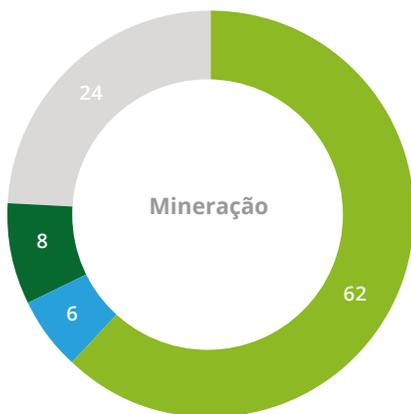


U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2024

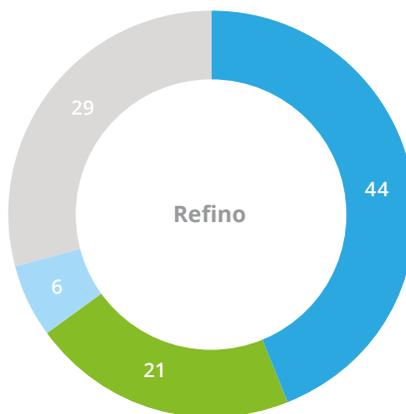
Níquel

- **Volume de produção:** em 2023, a produção global níquel foi de 3,6 milhões de toneladas (Mt)⁴², com previsão de crescimento para 4,5 Mt em 2030 (no cenário das políticas atuais) e 5,6 Mt (no cenário para zero emissões em 2050), impulsionada principalmente por baterias de veículos elétricos e geração de energia⁴³.
- **Quem produz:** Indonésia é o maior produtor (1,8 Mt em 2023), seguida de longe pela Filipinas, com 400 kt.
- **Refinamento:** o processo de refino de níquel está concentrado em poucos países da Ásia, com Indonésia e China desempenhando um papel dominante, especialmente no processamento para aplicações de energia.
- **Reservas:** o níquel é um exemplo em que os atuais produtores hoje divergem das reservas. A grande maioria se concentra na Indonésia, com 21% das reservas, mas é seguido por países que ainda não figuram como grandes produtores: Austrália (21%) e Brasil (16%)⁴⁴.

Principais produtores 2030 – IEA (em %)



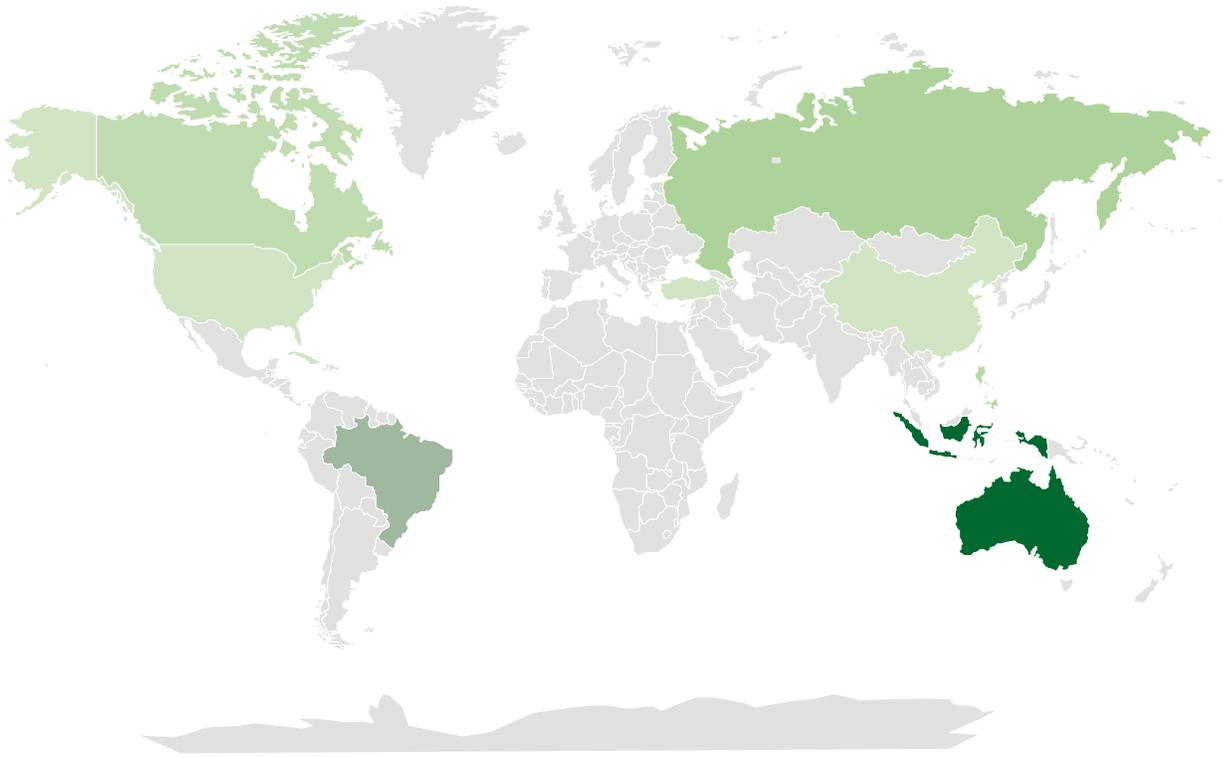
- Indonésia
- Nova caledônia
- Filipinas
- Outros



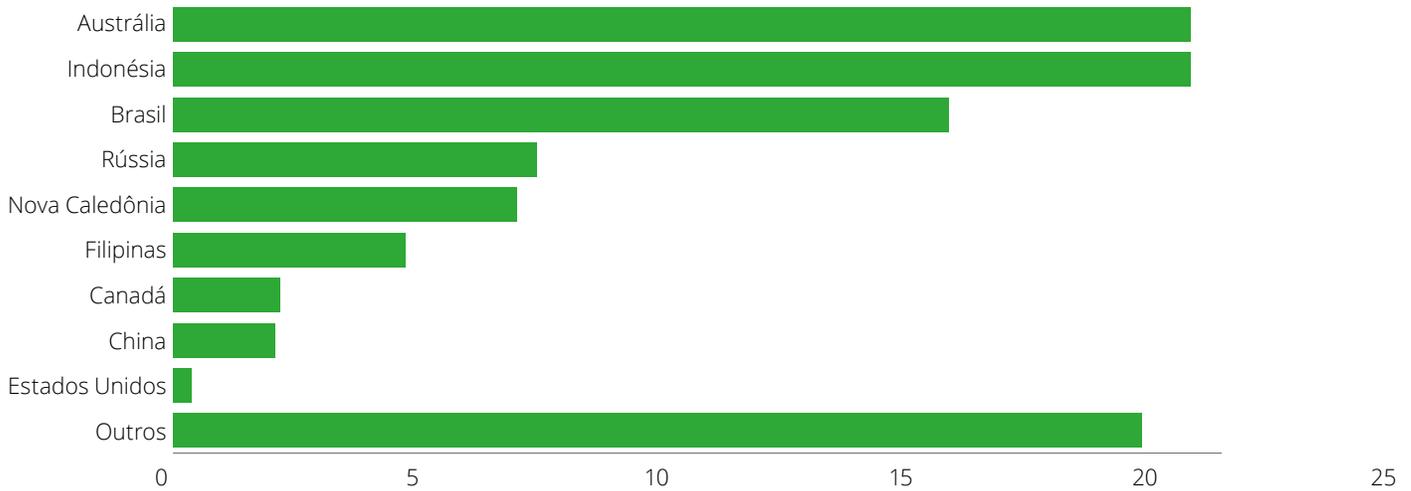
- Indonésia
- China
- Japão
- Outros

IEA – Global Critical Minerals Outlook 2024

Distribuição de reservas de níquel



Em 000' mt

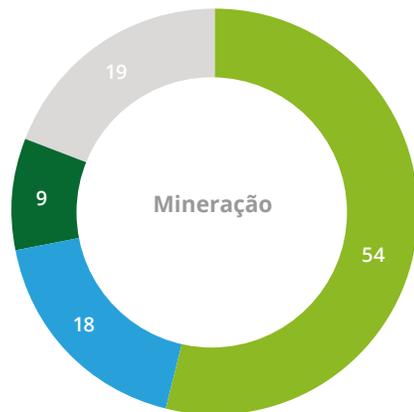


U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2024

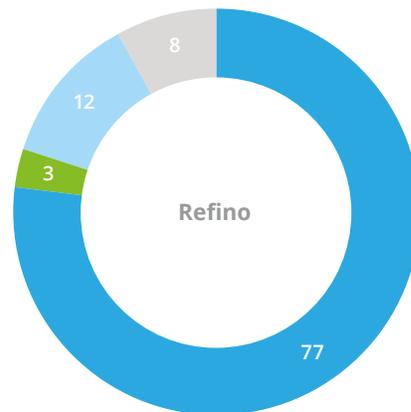
Terras raras

- **Volume de produção:** a cadeia de terras raras é uma das menos diversificadas. Aproximadamente 80% da produção se concentra em apenas três países. Em 2023, o volume produzido de terras raras chegou a 350 kt⁴⁵.
- **Quem produz:** a China é responsável pela produção de 240 kt.
- **Refinamento:** há uma concentração ainda maior (92% em três países), sendo a China (77%) a grande potência mundial de refino de terras raras.
- **Reservas:** 44% das reservas estão concentradas na China. No entanto, há uma grande capacidade a ser explorada em outras áreas como no Brasil, que tem 18% destes depósitos⁴⁶.

Principais produtores 2030 – IEA (em %)



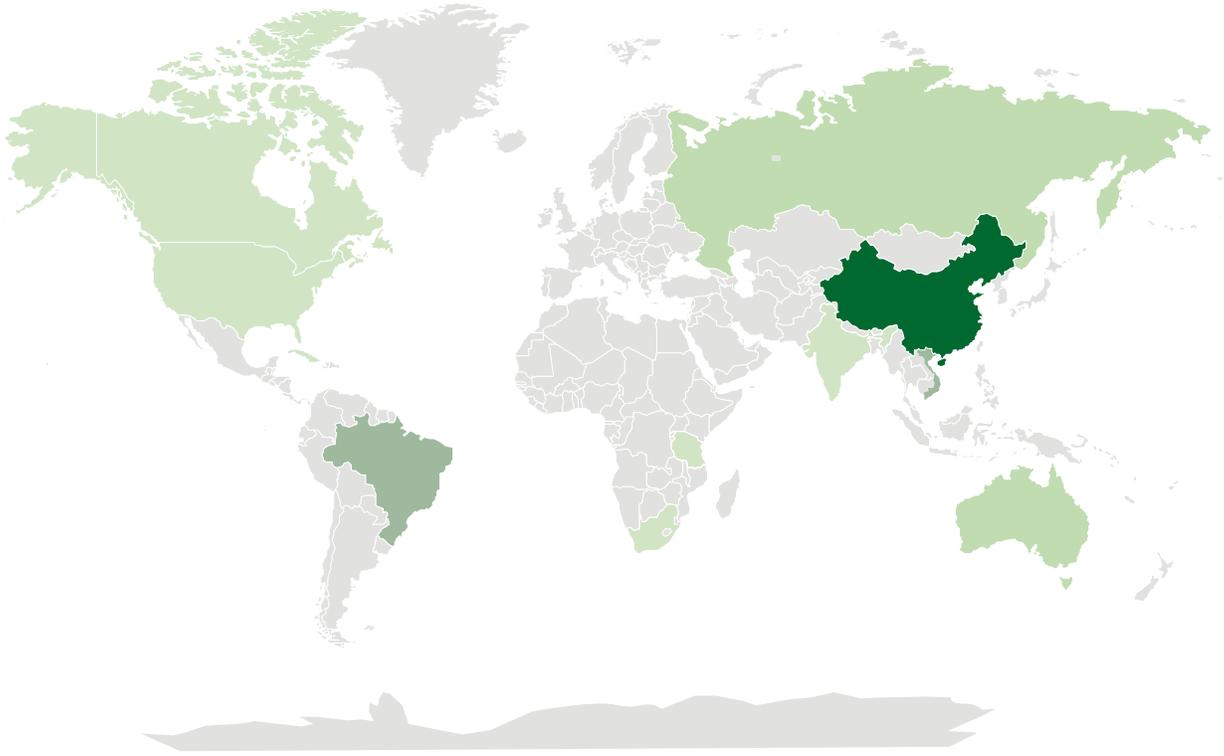
■ China
■ Austrália
■ Mianmar
■ Outros



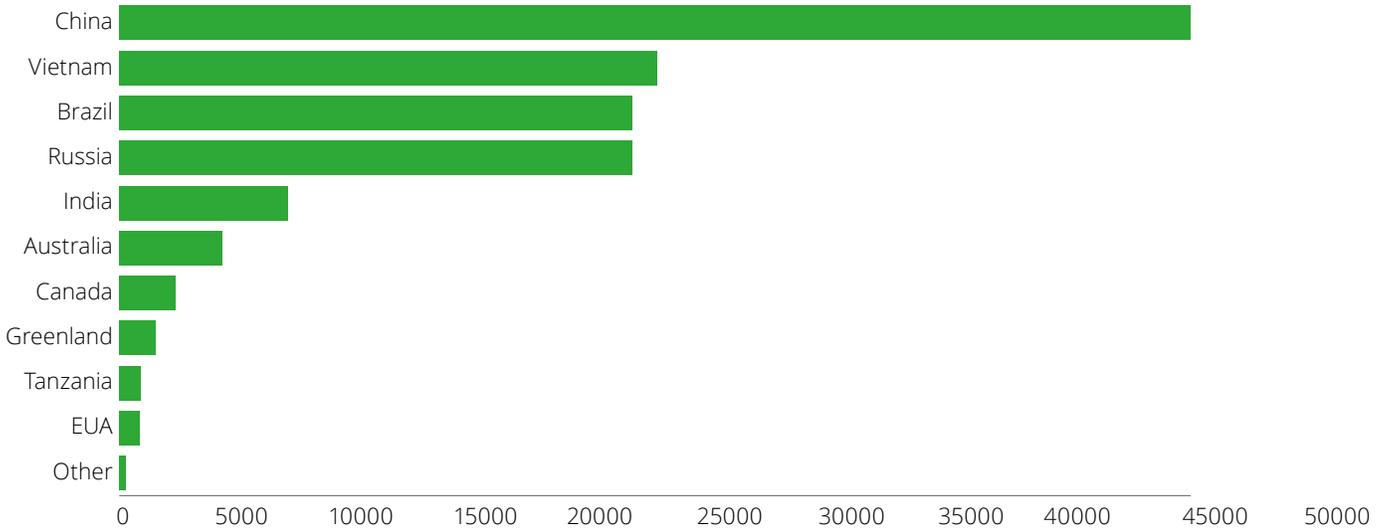
■ China
■ Austrália
■ Malásia
■ Outros

IEA – Global Critical Minerals Outlook 2024

Distribuição de reservas de terras raras



Em 000' mt



U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2024

A nova geopolítica dos minerais críticos

As ofertas de minerais críticos não são distribuídas de forma diversificada e esse cenário não tende a se transformar nos próximos anos. Existem esforços de diversificação, com investimentos por meio de políticas públicas como o Inflation Reduction Act⁴⁷ nos Estados Unidos e o Green Deal⁴⁸ na Europa. Estas medidas compartilham o objetivo de fortalecer a produção doméstica em setores estratégicos, especialmente energias renováveis e tecnologias verdes. Com isso, buscam reduzir a dependência global da China, embora essa diversificação ainda seja limitada em um período de médio prazo.

Não é difícil perceber a liderança chinesa como fornecedor e produtor nesta nova cadeia de energia que depende de minerais. A China desenvolveu uma estratégia protecionista desde a década de 1950 para explorar seus recursos minerais⁴⁹. A partir da década de 1990, com novos métodos extrativos e investimentos em P&D, o país consolidou seu domínio no mercado de terras raras e grafite, essenciais para dispositivos digitais e energias renováveis. Em 2009, a China controlava 98% do mercado global de terras raras, graças a custos menores de produção e mão de obra barata. Além de ser a maior produtora, a China investiu fortemente em inovação tecnológica e desenvolvimento industrial, verticalizando sua cadeia produtiva. Passou de referência global em exportação de matérias-primas a líder na exportação de produtos intermediários e de tecnologia avançada.

Pensando no futuro, a cadeia de extração é a que conta com mais projetos avançados, mas como citado anteriormente, o tempo até a primeira remessa traz incertezas aos investimentos necessários. A IEA espera que a América Latina gere um valor de mercado de US\$ 120 bilhões até 2030, a Indonésia dobre o valor devido à produção de níquel e a África tenha um aumento de 65% (motivado pelo cobalto no Congo). O Brasil se insere neste contexto com grande potencial por ter reservas relevantes e uma matriz elétrica limpa. Estes fatores podem trazer um protagonismo importante para o País, além de desenvolvimento sustentável para a economia.



6. O mercado nacional



Com tradição no setor de mineração e uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, o Brasil está bem-posicionado para liderar o desenvolvimento sustentável nas próximas décadas.

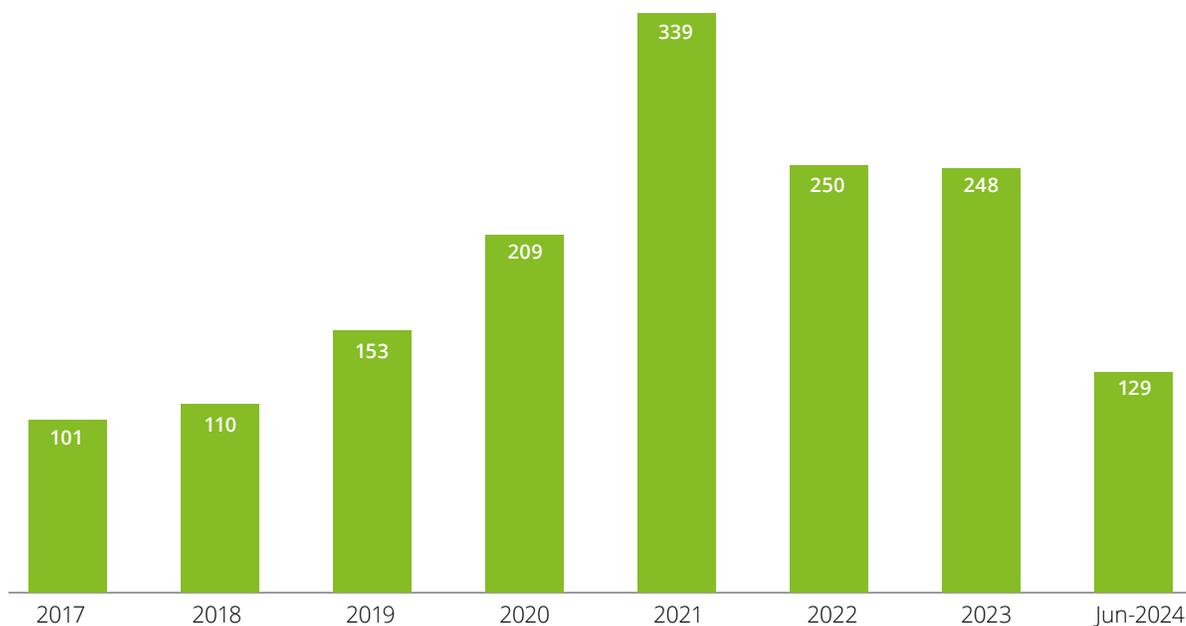
6.1 O cenário nacional de mineração

Mineração no Brasil

O Brasil possui uma longa tradição na mineração, originada no período colonial, e que hoje continua sendo um dos pilares da economia nacional. O País é uma potência no mercado global de commodities minerais. Em 2023, estima-se que o setor tenha faturado R\$ 248,2 bilhões, representando 2,28% do PIB nacional.

A grande maioria desta produção é dirigida ao mercado internacional. As exportações minerais brasileiras alcançaram US\$ 42,90 bilhões, um acréscimo de 3% em relação ao ano anterior e representando 32% da balança comercial brasileira.

Faturamento do setor mineral no Brasil (R\$ bilhões)

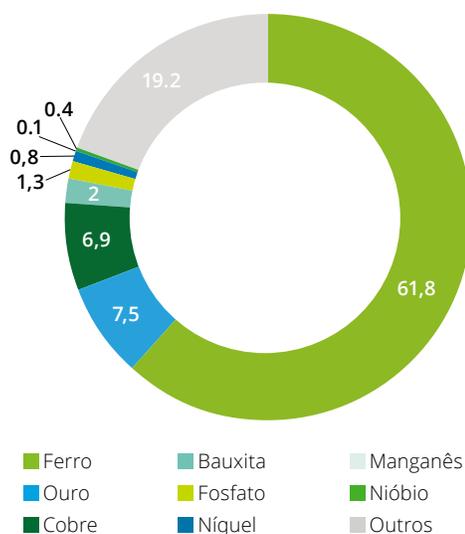


IBRAM 2024

No primeiro semestre de 2024, o Brasil produziu 89 tipologias minerais e faturou R\$ 129 bilhões⁵⁰. O maior destino destes minérios é a China, englobando 60% do total faturado. Além do impacto econômico, a mineração é um importante vetor de transformação social. No ano de 2023, gerou mais de 200 mil empregos diretos e mais de 2,5 milhões de oportunidades ao longo da cadeia⁵¹. A previsão é que até 2028 os investimentos sejam de US\$ 64 bilhões direcionados à infraestrutura, projetos socioambientais e logística⁵².

O Brasil é rico em recursos minerais e referência em alguns elementos específicos. Detém 20% de toda a exportação de minério de ferro no mundo⁵³, além de ser um importante produtor de minerais essenciais para a cadeia global, como ouro, bauxita, nióbio e cobre. O ferro tem a maior representatividade na produção mineral do País, somando 61,80% de participação do faturamento do setor, seguido por ouro (7,5%), minério de cobre (6,9%) e bauxita (2%). Segundo o Indicador de Produção Mineral (IPM)⁵⁴, os estados com maior produtividade são Minas Gerais (42% do total) com grandes reservas de ferro, assim como o Pará (34%), que também é o maior produtor de bauxita, usada na fabricação do alumínio.

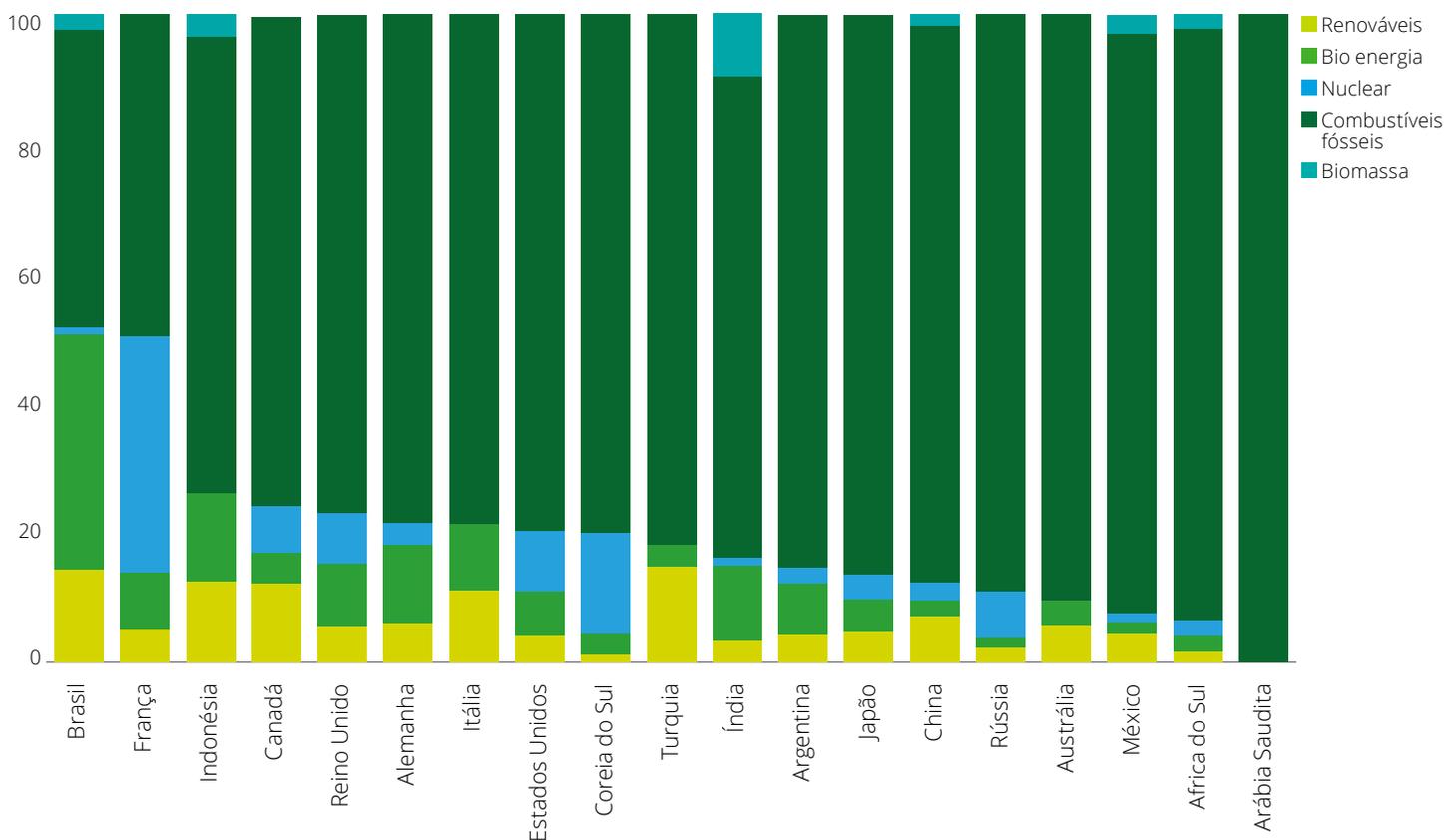
Participação do faturamento do setor mineral - 1º semestre de 2024 (em %)



Matriz energética nacional

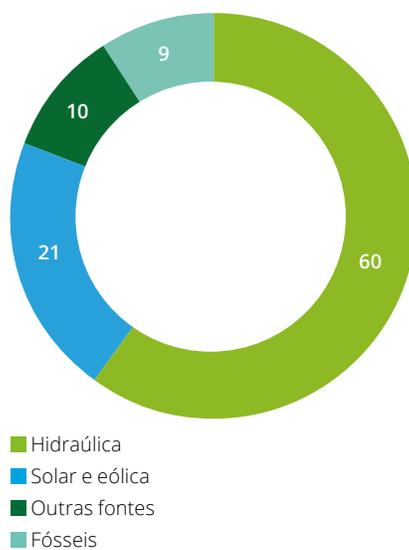
A mineração é uma atividade que exige uma grande quantidade de energia e, por isso, a matriz energética tem um papel fundamental para um desenvolvimento sustentável do setor. Segundo dados do Balanço Energético Nacional⁵⁵, mineração e metalurgia consomem 11% da capacidade elétrica no Brasil. Por conta da matriz limpa, o País se destaca neste panorama como um possível benchmark da transição energética, combinando fontes robustas de energia renovável, condições geográficas adequadas para expansão dessas fontes e vasta capacidade de mineração. O Brasil é o país do G20 que possui maior matriz de energia renovável. Além disso, junto ao Chile, são os únicos países da América Latina destacados pelo Fórum Econômico Mundial em transição energética, ocupando, respectivamente, 12ª e 20ª posição.

Composição da matriz energética – Países do G20 (em %)



O Brasil possui mais de 90% de sua matriz elétrica renovável, majoritariamente por meio de 1.351 usinas hidroelétricas⁵⁶. Após 2001, quando um período sem chuvas colocou a matriz em risco, o País passou a priorizar uma maior diversificação de sua matriz, utilizando ainda mais fontes renováveis. Só em 2023, 90% da capacidade adicionada foi proveniente de energias limpas – sendo 46% eólicas e 44% fotovoltaicas⁵⁷.

Matriz elétrica no Brasil – 2023 (em %)



Brasil frente aos minerais críticos

Com um olhar atento aos minerais críticos, o País estabeleceu em 2021⁵⁸, por meio de um decreto, a definição de minerais estratégicos que têm relevância para o contexto econômico e geopolítico. A lista é dividida em três grupos:

- **Grupo 1:** minerais dos quais o País depende de importação em alto percentual para o suprimento de setores vitais da economia, como por exemplo, agricultura.
- **Grupo 2:** minerais que têm importância pela sua aplicação em produtos de alta tecnologia, incluindo minerais como grafite, lítio e terras raras, fundamentais para novas tecnologias verdes.
- **Grupo 3:** minerais que detêm vantagens comparativas e que são essenciais para a economia pela geração de superávit da balança comercial do País.

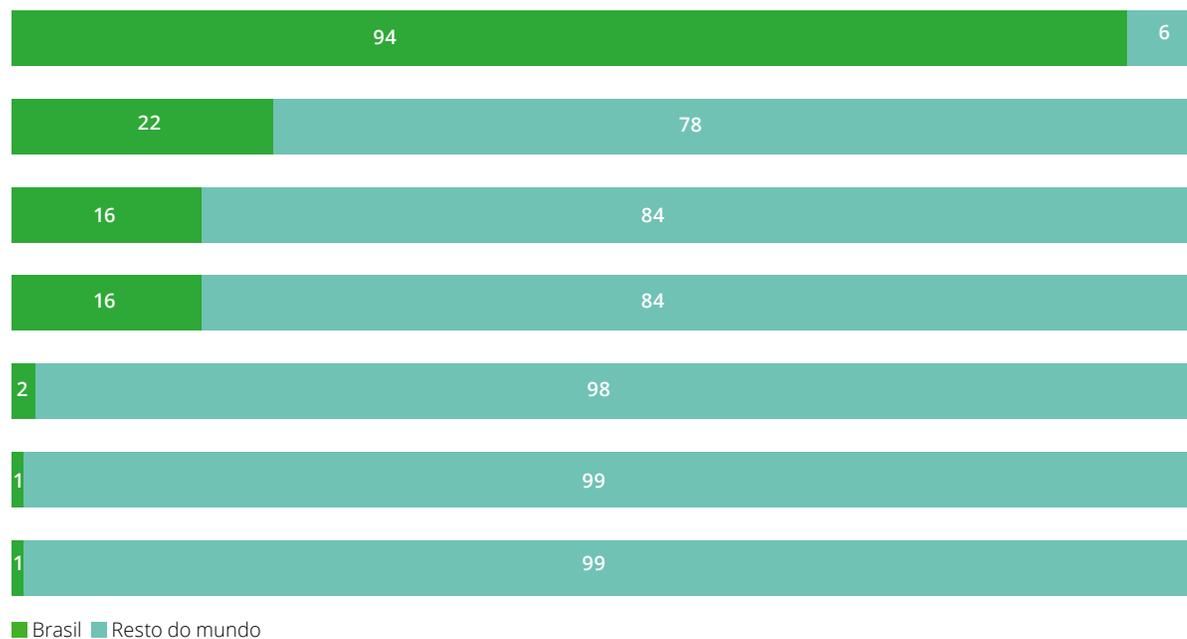
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Enxofre	Cobalto	Alumínio
Fosfato	Cobre	Cobre
Potássio	Estanho	Ferro
Molibdênio	Grafite	Grafite
	Grupo de platina	Ouro
	Lítio	Manganês
	Nióbio	Nióbio
	Níquel	Urânio
	Silício	
	Tálio	
	Tântalo	
	Terras raras	
	Titânio	
	Tungstênio	
	Urânio	
	Vanádio	

Governo Brasileiro 2021

O Brasil é conhecido pelos seus recursos naturais – e os minerais importantes para a transição energética também entram nessa lista. O País possui 142 milhões de toneladas métricas de minerais críticos⁵⁹ fundamentais para um futuro sustentável, representando quase 10%⁶⁰ das reservas globais. Também se destaca por possuir a maior reserva de nióbio do mundo, a segunda maior reserva de grafite e a terceira maior reserva de elementos de terras raras e níquel, de acordo com o USGS.

Em um contexto em que a concentração dos minerais é o principal desafio global, o Brasil ganha relevância pela diversidade de suas reservas. Além dos que é referência, dispõe de quantidade significativa de minerais como lítio, cobre e cobalto, recursos que desempenham um papel fundamental em tecnologias emergentes, como baterias e componentes eletrônicos. Na próxima seção, apresentamos uma análise específica de cada mineral, cobrindo sua situação atual e as oportunidades de exploração.

Reservas do Brasil de minerais críticos (em %)



U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2024

A situação dos minerais críticos no Brasil

Neste capítulo, é apresentado um estudo detalhado sobre os minerais cobalto, cobre, grafite, lítio, níquel, terras raras e nióbio, abordando quatro aspectos para cada um deles: sua relevância estratégica para o Brasil, o estado atual da produção, as reservas disponíveis e informações-chave sobre suas propriedades e aplicações. Essa análise busca revelar como o Brasil pode fortalecer sua posição na cadeia global de fornecimento destes minerais.

Nível de relevância

- ↑ Alto
- Médio
- ↓ Baixo

Cobalto



Volume de produção: o Brasil não produz cobalto desde 2017⁶¹.

Reservas: o País tem 1,7%⁶² das reservas de cobalto no mundo, o equivalente a 1.250 t. Aproximadamente 30% das reservas do Brasil estão no Pará e os outros 70% em Goiás⁶³.

Fatores de destaque: o Ministério de Minas e Energia tem como meta retomar a extração por conta da sua relevância em indústrias importantes como aeronáutica, baterias e motores elétricos⁶⁴.

Cobre



Volume de produção: o Brasil produz 1,6% de todo o cobre mundial e 0,7% do cobre refinado – cobre que passa por um processo de retirada das impurezas, com maior valor agregado. No total, foram produzidas aproximadamente 350 mil toneladas em 2021⁶⁵. A maioria das minas está no Pará.

Reservas: com grandes reservas no mundo, 33% delas estão no Chile, e as outras são distribuídas em quantidades menores. O Brasil tem 0,6% dos depósitos (cerca de 14 milhões toneladas⁶⁶).

Fatores de destaque: o faturamento do cobre no Brasil em 2023 foi de R\$ 17 bilhões, representando 7% do total faturado no setor da mineração⁶⁷.

Grafite



Volume de produção: quarto maior produtor mundial de grafite, atrás da China, Madagascar e Moçambique. O País produziu cerca de 73 kt em 2023⁶⁸ – o equivalente a 4,6% do total mundial.

Reservas: o Brasil possui 74 milhões de toneladas métricas de reservas, representando quase 20% das reservas mundiais. A China, líder nesse quesito, conta com 78 milhões de toneladas, posicionando o Brasil como o segundo maior detentor de reservas globais⁶⁹.

Fatores de destaque: grande parte da produção do grafite acaba sendo destinada ao mercado interno. Em 2018 foram produzidas 95 mil toneladas e 22 mil foram para exportação. A tendência é que em 2024 aconteça uma proporção semelhante, com uma produção ainda menor e demandas maiores da indústria interna⁷⁰.

Lítio



Volume de produção: o Brasil tem uma baixa produção de lítio, correspondente a apenas 1,6% da produção mundial em 2023, com 22 mil toneladas métricas. O Brasil vem expandindo sua capacidade, mas como a demanda global também cresce, outros produtores vêm se destacando⁷¹.

Reservas: as reservas brasileiras são de 250 mil toneladas métricas e representam menos de 1% das reservas mundiais⁷². Minas Gerais concentra 60% das reservas do País e Ceará, 25%⁷³.

Fatores de destaque: as maiores reservas de lítio na América do Sul estão na Argentina e no Chile, mas as minas brasileiras são mais vantajosas por conterem lítio em pegmatito, uma rocha mais dura, que reduz o custo de produção do concentrado de lítio ao facilitar sua extração⁷⁴.

Níquel



Volume de produção: o País está entre os 10 maiores produtores de níquel do mundo, com uma produção de 160 mil toneladas em 2023, que representa aproximadamente 4% do total produzido mundialmente⁷⁵.

Reservas: o Brasil possui a oitava maior reserva mundial, com 24 milhões de toneladas (12% das reservas totais de níquel).

Fatores de destaque: 85% da produção total do níquel é exportada, tendo a China como o principal destino (45% das exportações). Em 2022, o Brasil consumia 13 mil toneladas ao ano, demonstrando que há margem para investir em subprodutos de níquel dentro do País, como insumos direcionados para baterias⁷⁶.

Terras raras



Volume de produção: a produção nacional ainda é baixa, mas existe grande potencial para crescimento.

Reservas: o País possui a terceira maior reserva do mundo de terras raras, com aproximadamente 21 milhões de toneladas, representando 17% de todos os depósitos mapeados. Estas reservas estão concentradas em Minas Gerais e na Bahia⁷⁷.

Fatores de destaque: segundo a Agência Nacional de Mineração (ANM), em dois anos, o número de pedidos de pesquisa aumentou em 70%, chegando a 155 em 2022 – o que indica o interesse brasileiro na produção deste elemento.

Nióbio



Volume de produção: em 2023, a produção brasileira de nióbio alcançou 75 mil toneladas, o equivalente a 90% do total produzido no mundo⁷⁸.

Reservas: o Brasil tem 94% das reservas e é o maior produtor deste elemento.

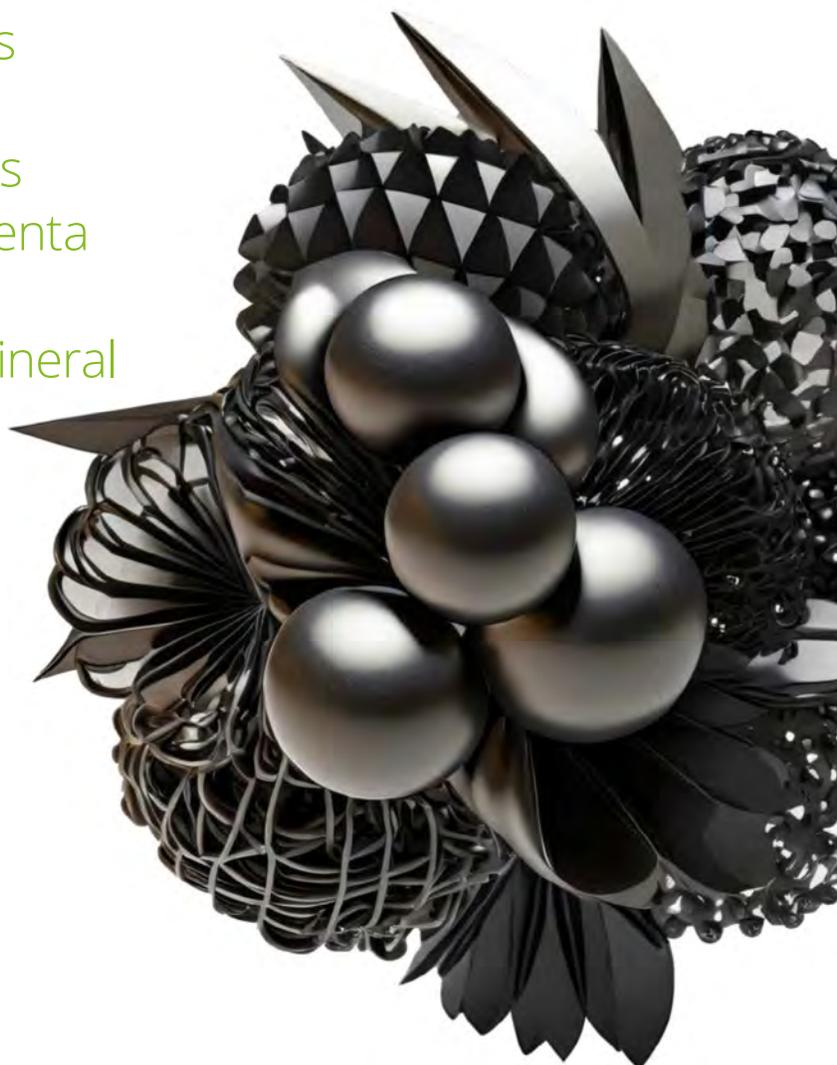
Fatores de destaque: o nióbio é utilizado para fortalecer ligas metálicas e é aplicado em peças da indústria automotiva, em componentes médicos e na indústria especial. Em 2022, a produção de nióbio arrecadou 137 milhões de reais⁷⁹.

Com esta análise, é possível afirmar que o Brasil tem as ferramentas necessárias, mas é preciso agir para que este potencial se converta em desenvolvimento. Para entendermos o impacto que a mineração destes elementos estratégicos pode trazer ao país, realizamos um cálculo na sessão seguinte para mensurar os possíveis resultados.

6.2 O impacto dos minerais críticos brasileiros na economia nacional

Se o Brasil investir na conversão do seu potencial de reservas em minas ativas e a produção se alinhar com a proporção das reservas, o impacto econômico destes investimentos poderá variar entre 115 e 186 mil milhões de reais. Isso representa aproximadamente 20% - 30% do PIB mineral brasileiro projetado em 2050

Nesta seção, vamos explorar o possível impacto dos minerais críticos na economia brasileira por meio de cálculos gerados por um Modelo de Insumo-Produto (MIP). O Brasil pode ser um dos principais produtores de minerais críticos, especialmente grafite, níquel e nióbio, que são essenciais para a fabricação de itens importantes para uma sociedade de emissões líquidas zero. A análise avalia a evolução da mineração brasileira geral, a importância econômica desses minerais, o resultado dos investimentos no setor de minerais críticos e os reflexos no PIB brasileiro.



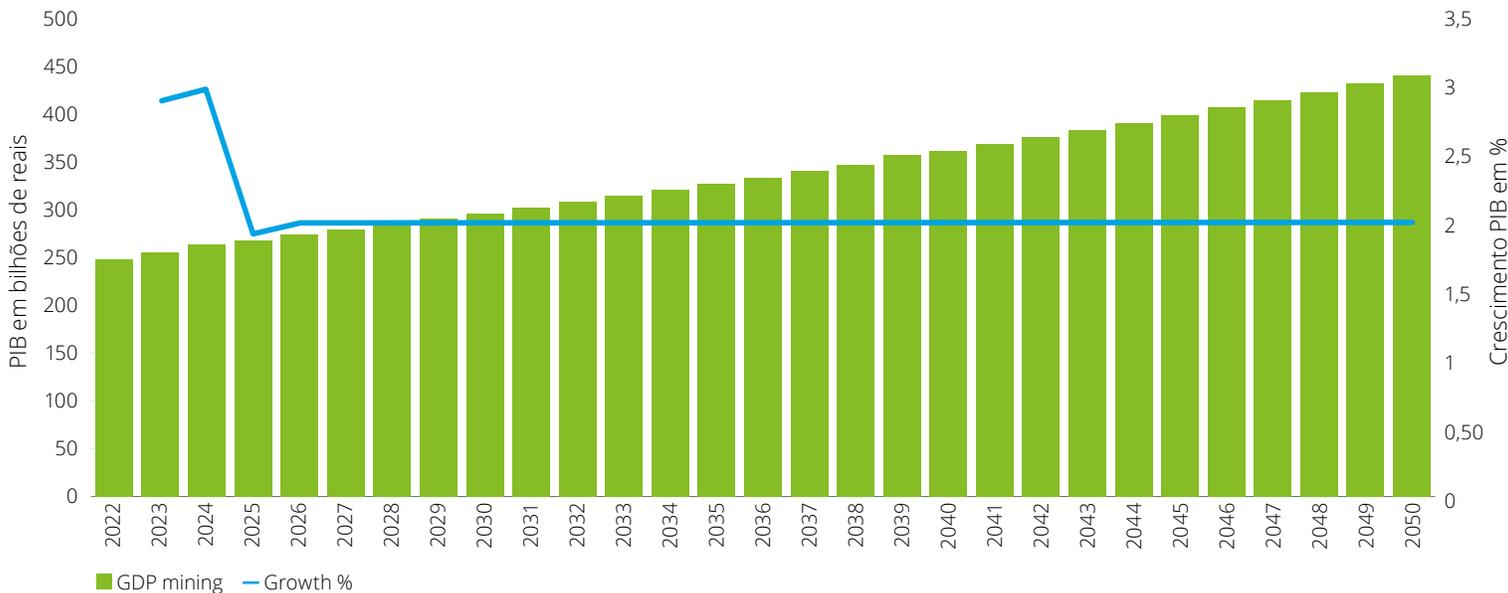
PIB da mineração

Considerando um cenário futuro sem novos investimentos, ou seja, sem a criação de novas minas, estimamos qual seria o PIB derivado da mineração nacional nos próximos anos. A análise foi realizada com base no PIB atual e na taxa de crescimento real do PIB, fornecida pelo Banco Central do Brasil.

A produção mineral nacional – abrangendo todos os tipos de minerais extraídos no Brasil – crescerá de R\$ 260 bilhões em 2024 para R\$ 440 bilhões em

2050. Como destacado no gráfico, esse crescimento será limitado na ausência de novos investimentos significativos, e a taxa de crescimento anual tenderá a se estabilizar em 2% ao longo do período. A taxa se mantém neste patamar pois nenhum país consegue manter elevadas porcentagens de crescimento por muitos anos. Durante a pandemia ocorreram picos de crescimento, mas à medida que o setor evolui, a taxa de crescimento se estabiliza.

Projeção PIB Mineração (em %)



US Geological Service, International Energy Agency, Deloitte

Cenário de previsão de produção

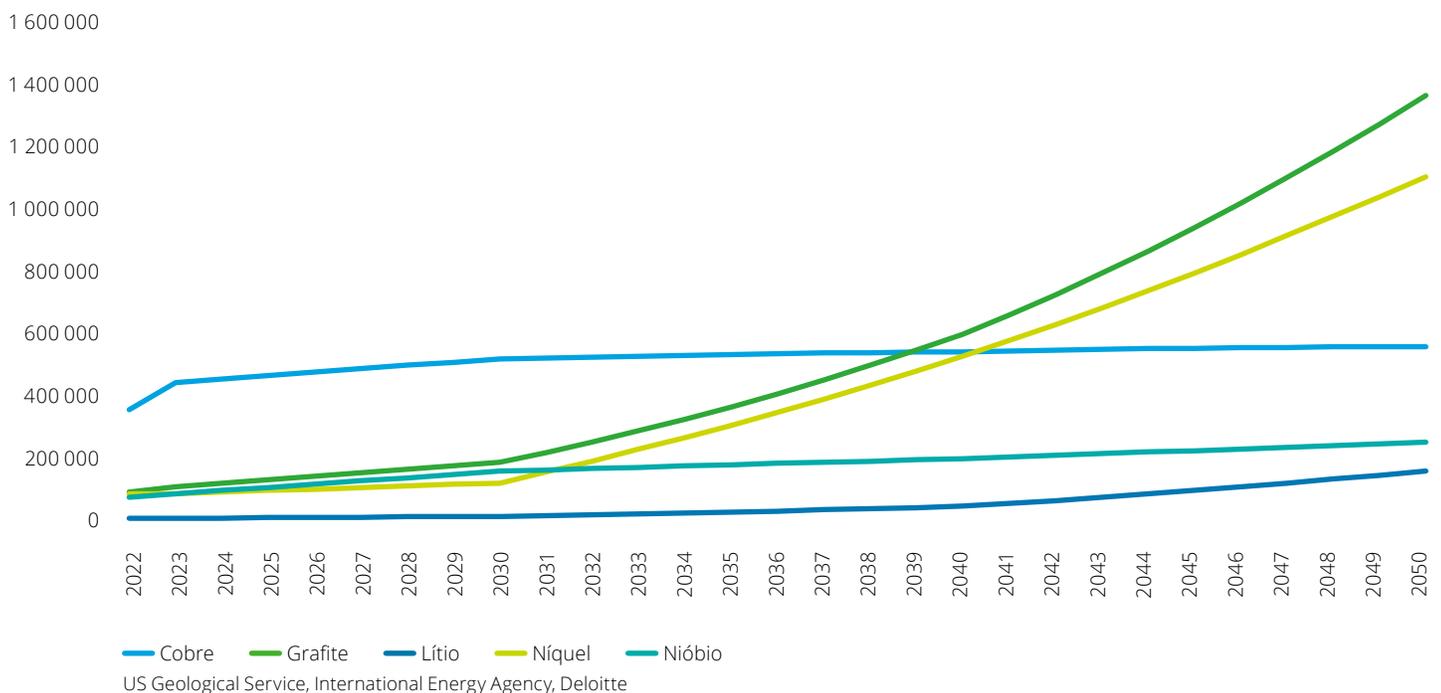
Nesta etapa foi realizada uma projeção da produção cuja principal suposição desta análise é: “se o Brasil investir para aumentar a produção de minerais críticos transformando reservas em minas ativas, elevando sua participação de mercado proporcionalmente à sua participação nas reservas, qual seria o volume de produção?”. Para isso, estimamos o impacto na economia brasileira em 2030 e 2050 para compreender a relevância desses minerais para o País. Conforme mencionado na metodologia, elaboramos três cenários com diferentes horizontes temporais para os impactos projetados. A seguir, é apresentado cada cenário em detalhe:

Cenário 1 – Impactos consolidados em 2030

Supondo que o volume de produção do Brasil crescerá na mesma proporção das reservas em 2050, ao investir no desenvolvimento das operações e projetando que os resultados apareçam a partir de 2030, nossa estimativa é a seguinte:

Grafite e níquel são previstos para crescer mais do que outros minerais – 1.077% e 1.174%, respectivamente, em relação à produção atual. Isso se deve ao fato de que, atualmente, o Brasil já tem uma relevância internacional na produção destes minerais. Em 2023, a produção mundial de grafite foi de 1,6 milhão de toneladas⁸⁰, com a China liderando com 1,2 milhão. O Brasil pode alcançar produção similar, projetando 1,3 milhão de toneladas em 2050.

Produção estimada - início em 2030 (em toneladas)

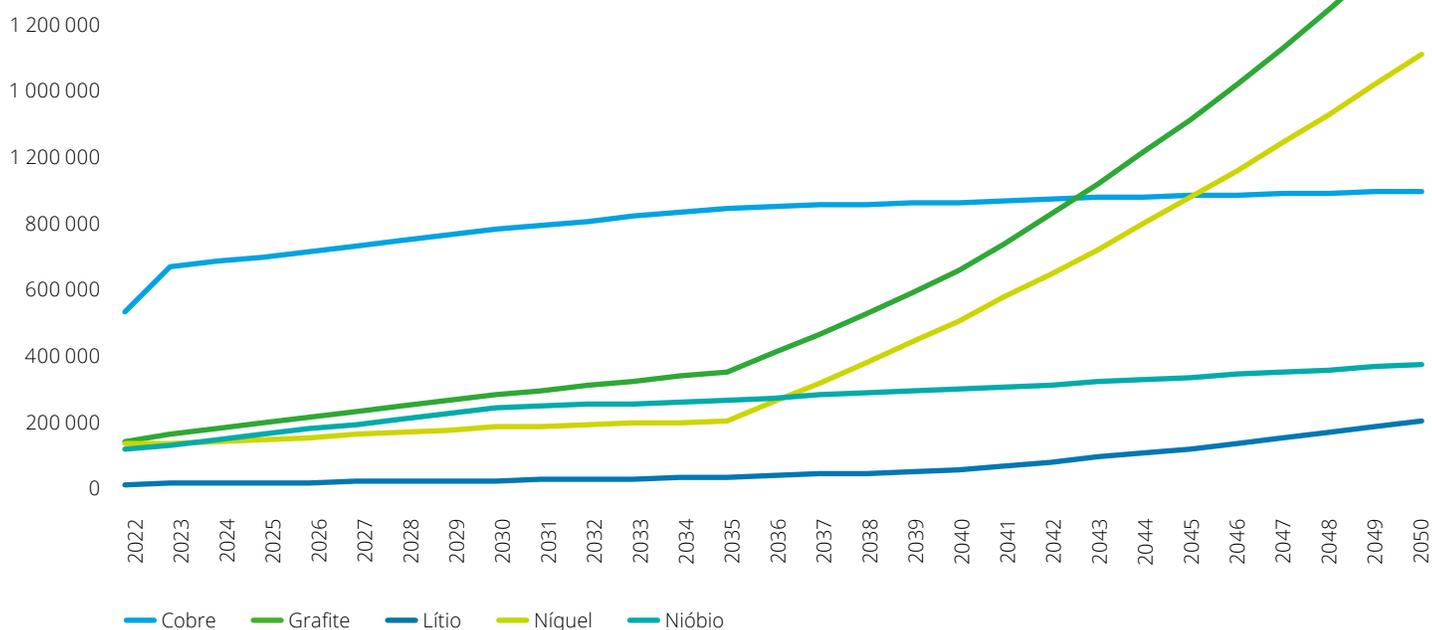


Cenário 2 – Impactos consolidados em 2035

Supondo que, ao investir no desenvolvimento das reservas e gerar retornos a partir de 2035, o volume de produção do Brasil crescerá na mesma proporção das reservas até 2055 – aqui utilizamos o mesmo intervalo de 20 anos do cenário anterior para mensurar os impactos:

Nota-se mais uma vez que grafite e níquel cresceriam acima dos demais minerais, mas em menor volume do que no cenário anterior – 871% e 905%. O crescimento do lítio no cenário 2 (3.775%) é semelhante ao do cenário 1 (3.150%), por conta a produção incipiente do mineral.

Produção estimada – Início em 2035 (em toneladas)



US Geological Service, International Energy Agency, Deloitte

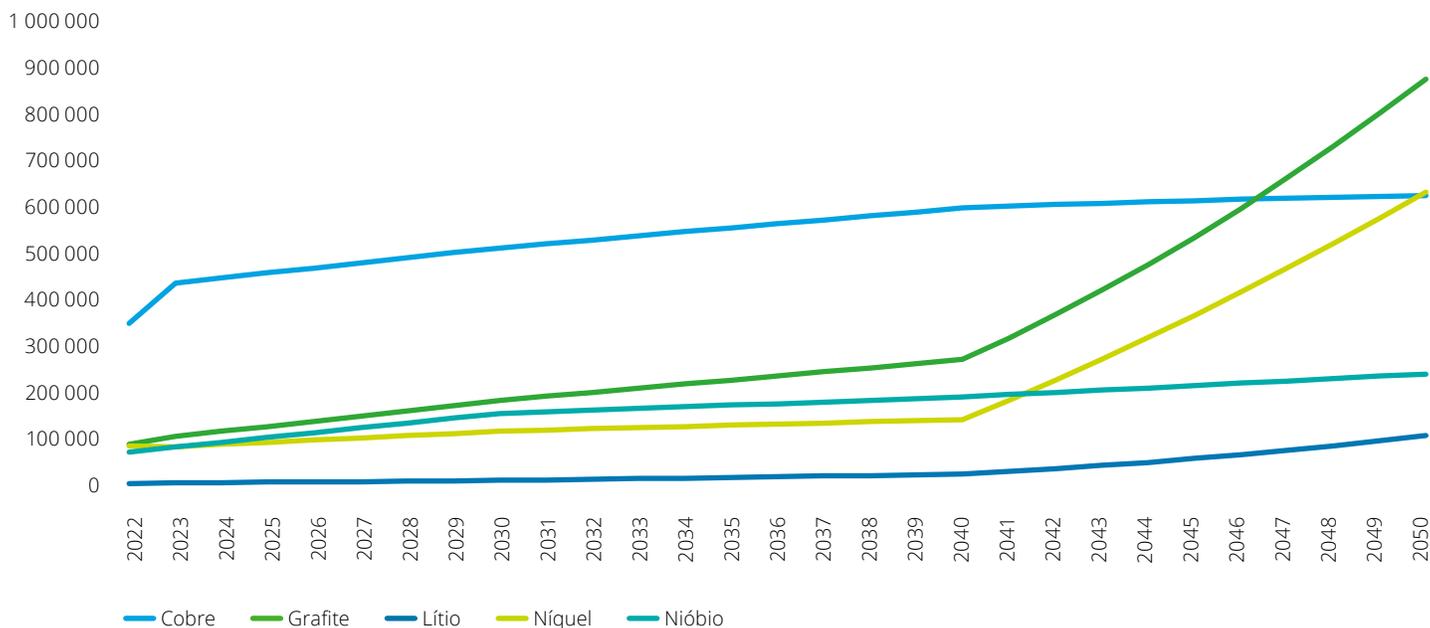
Cenário 3 - Impactos consolidados em 2040

Supondo que o volume de produção do Brasil crescerá na mesma proporção das reservas em 2060 – movemos o intervalo para frente como no cenário anterior –, ao investir no desenvolvimento das reservas e os resultados surgirem a partir de 2040, nossa estimativa é a seguinte:

A taxa de crescimento subiria de forma mais rápida por conta do aumento da demanda global, mas em 2050 ainda é menor do que nos demais cenários. É interessante observar um ligeiro aumento no

crescimento do cobre. A produção brasileira de cobre em 2050 nos três cenários projetados é de 552 mil toneladas (cenário 1), 590 mil toneladas (cenário 2) e 634 mil toneladas (cenário 3). Isso ocorre devido a uma lacuna negativa entre a participação do Brasil na produção global (1,6%) e nas reservas globais (1,3%), indicando que o País está produzindo acima do que seria sustentável com base em suas reservas. Embora o aumento da demanda ajude a manter a produção no curto prazo, essa discrepância impede um crescimento consistente, resultando na desaceleração projetada ao longo do tempo.

Produção estimada (em toneladas)



US Geological Service, International Energy Agency, Deloitte

Impacto econômico em 2030

Após feita a análise de produção, passamos para o cálculo do impacto econômico dos minerais críticos no Brasil. A produção desses minerais deve crescer até 2030, gerando cerca de 30 bilhões de reais a mais em comparação com 2023. Além desse valor direto, haverá também um transbordamento⁸¹ na economia – ou seja, para cada real produzido, outros setores serão impulsionados. Esse impacto indireto será 1,3 vezes maior, resultando em um aumento total de 42 bilhões de reais no PIB brasileiro ao longo desses anos. Como demonstrado no gráfico abaixo, esse impacto

não ficará restrito à indústria de mineração, mas se espalhará para setores como a indústria de manufatura e transporte, entre outros. Assim, o investimento na mineração pode gerar crescimento adicional no PIB, além do crescimento já previsto.⁸²

As indústrias extrativas, transformação e logística são as que mais se beneficiam com o investimento em minerais críticos. Mesmo assim, uma ampla gama de indústrias apresenta benefícios relevantes com o investimento.

Impacto no PIB por indústrias (2022 - 2030) – em milhões de reais



Impacto econômico em 2050

Nesta etapa, realizamos projeções somando o crescimento derivado a partir do cenário atual e o cenário projetado com o acréscimo de novas operações de minerais críticos. Para estimar o crescimento a partir do status atual da produção – cobre, grafite, lítio, níquel e nióbio –, usamos a previsão de longo prazo da taxa de crescimento do PIB real publicada pelo Banco Central do Brasil. Com base nessa análise, estimamos que o crescimento apenas a partir do status atual é limitado a 47 bilhões de reais até 2050. No entanto, seria possível alcançar um crescimento maior se fosse investido na produção a partir das reservas atuais. Veja a seguir os possíveis resultados.

Cenário A – Investimentos em novas reservas (2050)

Se a produção crescer na mesma proporção das reservas até 2050, como resultado dos investimentos, haverá um acréscimo de 233 bilhões de reais ao PIB brasileiro ao longo dos anos (186 bilhões + 47 bilhões). O impacto econômico resultante dos investimentos seria de 186 bilhões de reais, o equivalente a aproximadamente 30% do PIB da mineração em 2050.

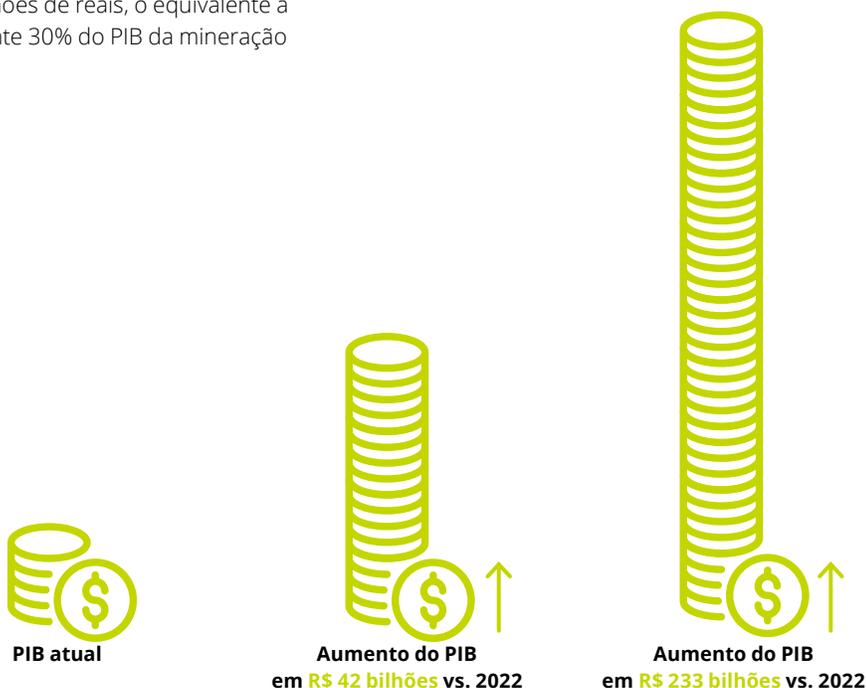
Cenário B – Crescimento 5 anos depois (2055)

Se a produção atingir a mesma proporção das reservas em 2055, cinco anos após o melhor cenário, o impacto econômico em 2050 será de 199 bilhões de reais. Desse total, 151 bilhões de reais resultariam dos investimentos, o que corresponde a cerca de 26% do PIB da mineração em 2050.

Cenário C – Crescimento 10 anos depois (2060)

Se a produção atingir a mesma proporção das reservas em 2060, dez anos após o Cenário A, o impacto econômico em 2050 será de 164 bilhões de reais. O impacto dos investimentos será de 116 bilhões de reais, o equivalente a aproximadamente 21% do PIB da mineração em 2050.

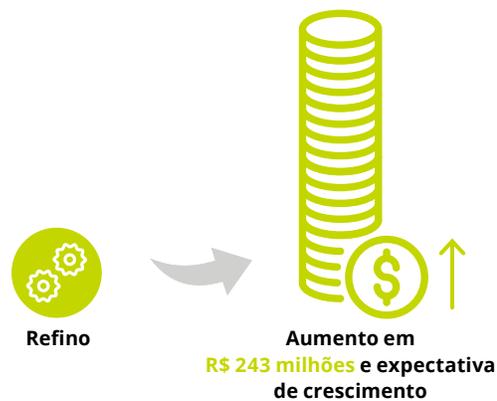
Portanto, podemos perceber que um aumento significativo do PIB seria alcançado caso o Brasil iniciasse os investimentos mais cedo e aproveitasse as reservas disponíveis.



Refino

A mesma coisa pode acontecer se o Brasil investir para aprimorar suas operações de refino. Atualmente, o País não tem participação relevante neste setor, mas se refinar os minerais produzidos, pode aumentar o valor agregado dos produtos. Estimamos quanto seria o impacto se o Brasil realizasse o refino de cobre, que é mais refinado pela China⁸³. Com base na taxa atual de TC/RC⁸⁴ do cobre, que recentemente está em torno de 80 dólares por tonelada, o Brasil poderia ganhar até R\$ 243 milhões em 2050, com base no cenário A. Isso pode trazer um adicional de R\$ 88 milhões em termos de PIB como impacto indireto por meio do aumento da demanda em outras indústrias.

Esse número parece relativamente menor do que o impacto causado pelo aumento da produção, mas o Brasil teria a chance de ganhar mais por meio da demanda induzida pelo aumento do emprego e do crescimento da renda dos funcionários contratados para essa indústria – e claro, de outros minerais cujos processos de refino seriam mais complexos. Portanto, vale a pena considerar o investimento na indústria de refino para aproveitar o aumento da demanda pela produção mineral.



7. Desafios e soluções



Há uma janela de investimento única para impulsionar o desenvolvimento de infraestrutura e desbloquear todo o potencial do Brasil, especialmente em setores estratégicos como energia renovável, logística e mineração sustentável.

Desafios

O Brasil tem uma longa tradição em mineração, sendo um dos principais players globais nesse setor. O País conta com uma base sólida de conhecimento, profissionais altamente qualificados e empresas bem estruturadas, que atuam de maneira robusta no mercado. Um exemplo marcante é a produção de ferro, em que o Brasil é líder mundial, fornecendo grandes volumes para a indústria global. Esse histórico e expertise são diferenciais que posicionam o Brasil com grande potencial para se destacar também na produção de minerais críticos.

A mineração é uma atividade que demanda altos níveis de energia, e o Brasil possui uma vantagem estratégica nesse aspecto: sua matriz elétrica é predominantemente limpa, com uma grande parcela proveniente de fontes renováveis, como hidrelétrica, eólica e solar. Para transformar esse potencial em realidade, existem desafios que precisam ser superados.

1. Baixo mapeamento do potencial mineral

Com cerca de apenas 35% de seu território mapeado em termos de potencial mineral⁸⁵, o Brasil ainda tem um longo caminho a percorrer para maximizar a exploração de seus recursos de maneira eficiente e sustentável. O investimento em estudos geológicos é fundamental para identificar novas áreas de extração e otimizar o uso das reservas já conhecidas. Além disso, a disponibilidade de dados nacionais também é baixa. O acesso à informação é importante tanto para entidades acadêmicas no desenvolvimento de pesquisa, como para investidores nacionais e internacionais que buscam oportunidades dentro do País.

2. Necessidade de um marco legal adequado

A criação de um marco legal específico para os minerais críticos é essencial para garantir um ambiente regulatório que incentive a produção e a sustentabilidade do setor. Políticas públicas e incentivos direcionados podem atrair novos investimentos e promover um crescimento equilibrado e responsável da indústria. Existe um projeto de lei⁸⁶ que tramita no Senado e institui a Política Nacional de Minerais Críticos e Estratégicos e o Comitê de Minerais Críticos e Estratégicos. Para que o Brasil consolide seu papel como “potência verde” na transição energética global, é imprescindível uma política integrada, que alinhe políticas setoriais e federativas. Essa política deve garantir segurança a parceiros comerciais e investidores, além de definir claramente os minerais críticos e estratégicos, estabelecendo medidas e incentivos específicos para cada um. O marco legal deve promover maior valor agregado à cadeia produtiva dos minerais, incentivar a inovação e fomentar rotas tecnológicas. No contexto brasileiro, é essencial considerar as desigualdades territoriais e integrar a mineração ao desenvolvimento local, alinhando-se às exigências regulatórias globais e promovendo inclusão social.

3. Disparidade entre reservas e produção efetiva

Apesar de contar com cerca de 10%⁸⁷ das reservas de minerais críticos, o Brasil contribuiu com apenas 0,09% da produção mundial em 2023⁸⁸, evidenciando uma significativa diferença entre sua capacidade de exploração e sua produção real. É necessário focar em políticas que incentivem o desenvolvimento da cadeia produtiva e ampliem a produção nacional. Isso passa por diversos setores como infraestrutura, indústria e condições de financiamento.

Soluções

É importante destacar que quando um país possui grandes reservas, ele detém somente o potencial daquele mineral. Ao extrair esses elementos e exportá-los no estado bruto, o valor agregado deste produto ainda é baixo. O aumento do valor agregado acontece nas etapas seguintes, de refino e transformação. Esses processos não só aumentam o valor comercial dos nossos recursos naturais, mas também geram mais empregos qualificados, desenvolvem a infraestrutura tecnológica e industrial e aumentam a arrecadação de impostos localmente. O Brasil dispõe de mão de obra, tecnologia e os recursos naturais para poder se tornar essa potência.

1. Oportunidade no refino e processamento

O refino vem após a extração do minério bruto, envolve um processo em que os minerais são separados das impurezas para serem transformados em materiais de alta pureza – e conseqüentemente maior valor agregado. Uma vez que o mineral refinado está pronto, ele é enviado para empresas que o utilizam para fabricar produtos acabados, como baterias, componentes eletrônicos ou veículos. Estas plantas de refino normalmente são estrategicamente posicionadas perto dos seus consumidores: a indústria. Incluir o refino na economia brasileira seria uma fonte de fomento para produção de componentes importantes tanto para transição energética, quanto para o desenvolvimento de tecnologias de ponta. Atualmente, a América Latina envia grande parte de seus minerais para serem refinados na China, que refina 66%⁸⁹ de todos os minerais críticos. Não é lógico que essa cadeia seja direcionada para o outro lado do mundo se pode ser refinada no próprio continente. Além disso, a China é um país com uma matriz energética impulsionada por combustíveis fósseis – 60% baseada em carvão⁹⁰. Na América Latina os processos poderiam ser muito mais limpos e de acordo com os padrões globais relacionados à transição energética.

2. Fomento à mineração e energia verde

Em 2023, o Brasil investiu cerca de US\$ 34,8 bilhões na transição energética, sendo o sexto maior investidor global e o líder na América do Sul, segundo a Bloomberg⁹¹. Esses investimentos foram impulsionados principalmente por energia renovável, veículos elétricos, hidrogênio e tecnologias de captura de carbono. Sabemos que a mineração é uma atividade altamente intensiva em energia e por conta disso a matriz energética e a mineração estão muito conectadas. O Brasil é visto como protagonista na transição energética mundial, especialmente no sul global. Aprovada recentemente, o País lançou a Política Nacional de Transição Energética (PNTE)⁹², que busca coordenar a transição energética no Brasil, integrando diversas políticas governamentais e promovendo uma economia verde. Com expectativa de atrair R\$ 2 trilhões em investimentos em 10 anos e gerar 3 milhões de empregos, o plano inclui o desenvolvimento de fontes renováveis como energia eólica, solar, biomassa, biodiesel, hidrogênio verde, e tecnologias de captura e estocagem de carbono.

A implementação da PNTE será conduzida por dois instrumentos centrais: o Fórum Nacional de Transição Energética (Fonte) e o Plano Nacional de Transição Energética (Plante). O Fonte será um espaço democrático para o diálogo entre atores públicos e privados, oferecendo recomendações ao Conselho Nacional de Política Energética e assegurando uma transição energética justa e inclusiva. Já o Plante será um plano de ação que integrará setores como indústria, transportes e energia, além de abordar questões transversais como marcos regulatórios e combate à pobreza energética.

O Novo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)⁹³ é mais amplo que as versões anteriores, englobando não apenas infraestrutura tradicional como energia e logística, mas também áreas como inclusão digital, transição energética, ciência, tecnologia, educação e saúde. O programa prevê um investimento inicial de R\$ 240 bilhões, com a expectativa de alcançar R\$ 1 trilhão, incluindo a participação da iniciativa privada, ao longo dos próximos quatro anos.

Entre as principais medidas, destacam-se aquelas focadas na transição energética e sustentabilidade: **Aperfeiçoamento do Ambiente Regulatório e do Licenciamento Ambiental**, que busca simplificar normas para projetos sustentáveis; **Alinhamento ao Plano de Transição Ecológica**, promovendo investimentos em energia limpa e sustentável; e **Expansão do Crédito e Incentivos Econômicos**, que inclui apoio a projetos de infraestrutura verde e inovação sustentável. O Brasil já dá passos em direção a linhas de fomento e investimento na mineração sustentável. É fundamental manter estes projetos funcionando de maneira eficiente e com um olhar atento ao futuro.

3. Rotas de descarbonização

Além dos investimentos diretos, existem outras medidas importantes que, embora não estejam diretamente ligadas ao PAC, corroboram com o futuro sustentável do Brasil. Um exemplo é o Plano Nacional de Energia 2050⁹⁴, lançado em parceria com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em 2020, que tem como objetivo orientar as decisões de política energética do País com uma visão estratégica de longo prazo, prevendo cenários para as mudanças na produção e uso de energia.

Outra medida significativa é a recente assinatura de uma carta de intenção com o Chile⁹⁵, que busca aumentar a transparência e fomentar o desenvolvimento sustentável do setor mineral nos dois países, líderes em oferta de minerais críticos na América Latina. A parceria inclui programas de qualificação de mão de obra e incentivos para uma mineração mais sustentável. Estas medidas corroboram com as rotas de descarbonização brasileira junto ao Plano para a Transformação Ecológica (PTE), lançado no final de 2023, na COP28, em Dubai. O PTE tem como objetivo amenizar os efeitos da crise climática no Brasil e cumprir com a agenda climática global. O PTE é estruturado em 3 objetivos centrais:

- 1 Emprego e produtividade (ganhos na produtividade ao incorporar inovações tecnológicas em processos industriais e uso de recursos naturais, gerando empregos em massa bem remunerados);
- 2 Sustentabilidade ambiental (redução da pegada de carbono);
- 3 Justiça social (promoção de um desenvolvimento equitativo e benefícios difundidos).

Os 6 principais eixos desse plano são: finanças sustentáveis, adensamento tecnológico, bioeconomia e sistema agroalimentar, transição energética, economia circular e nova infraestrutura verde e adaptação:

- 1 **Finanças sustentáveis**
Mercado de carbono
Regulamentação tributária e financeira do mercado de carbono
Programa Eco Invest Brasil
- 2 **Adensamento tecnológico**
Incentivos fiscais e fundos de P&D
Núcleos de inovação em federais
Qualificação de mão-de-obra em escolas técnicas e pós-graduações
- 3 **Bioeconomia e agroalimentos**
P&D para biotecnologia em sustentabilidade
Agricultura de baixo carbono
Criação de novas unidades de conservação
Arco da restauração
- 4 **Transição energética**
Eletrificação de ônibus urbanos
Expansão de energia solar e eólica
Programa de Energias da Amazônia
Estímulo a diesel verde e hidrogênio
Metas de emissões para transporte
- 5 **Economia circular**
Eliminar lixões até 2024
Ampliar coleta seletiva e usar biodigestores
Fomento a reciclagem e biorefinarias
Expansão saneamento
- 6 **Infraestrutura verde e adaptação**
Obras públicas para reduzir riscos de desastres naturais
Estratégias para segurança e resiliência agropecuária, sanitária e energética

O Brasil está bem-posicionado em termos de planejamento e investimento para a transição energética, com políticas robustas como a Política Nacional de Transição Energética (PNTE) e o Plano para a Transformação Ecológica (PTE). O País já investiu bilhões de dólares em energia renovável, veículos elétricos e tecnologias de captura de carbono, com previsão de atrair até R\$ 2 trilhões em investimentos nos próximos 10 anos. No entanto, o sucesso desses projetos depende de fatores críticos, como a implementação eficiente de marcos regulatórios, uso estratégico de investimento privado e o fortalecimento da infraestrutura necessária para sustentar uma economia verde. A colaboração entre setores público e privado será essencial para assegurar que esses investimentos se traduzam em resultados sustentáveis e inclusivos.

4. Restauração da imagem da mineração no Brasil

O Brasil é amplamente reconhecido por suas riquezas e belezas naturais, que não se limitam à superfície, mas também estão no subsolo. É essencial que a sociedade estabeleça uma relação mais próxima com a mineração, pois este setor tem o potencial de se tornar um motor transformador da nossa economia. Para isso, é necessário construir uma imagem de maior proximidade e transparência. Agências nacionais precisam intensificar a produção de conteúdo informativo, promovendo a educação da população sobre a importância do setor, além do papel das micro e pequenas mineradoras. O setor deve atuar como um agente de mudança,, promovendo práticas de mineração sustentável, combatendo a mineração ilegal, protegendo biomas importantes e conscientizando sobre o uso dos minerais em nosso cotidiano. Os minerais críticos estão presentes em diversos produtos essenciais, como celulares, scanners médicos, carros elétricos e baterias. A realidade é que hoje já não podemos viver sem esses recursos e o futuro será muito mais intensivo nestes minerais. O Brasil tem um papel estratégico nesse cenário, e devemos aproveitar nossas reservas de forma responsável e inovadora.



8. Considerações finais



Os minerais sempre desempenharam um papel fundamental na economia, especialmente nos setores de construção civil e indústria. No entanto, esse tema ganhou ainda mais relevância com o avanço das novas tecnologias e, principalmente, com a necessidade de uma transição energética global. Minerais como lítio, cobalto e níquel são essenciais para a fabricação de baterias, painéis solares, turbinas eólicas e para o vasto cabeamento necessário para conectar o mundo por meio de redes de energia e transmissão de dados. Além disso, a renovação das frotas de veículos, com a crescente demanda por carros elétricos, também aumenta essa pressão por minerais.

Os países que mais demandam esses recursos são grandes potências industriais, como China, Estados Unidos e a Europa. Contudo, a cadeia de oferta de minerais críticos é particularmente complexa devido à sua concentração geográfica. Diferente do petróleo, que tem características semelhantes em todas as regiões, os minerais apresentam tipos específicos concentrados em diferentes partes do mundo, muitas vezes em países subdesenvolvidos. Além da concentração, a demanda crescente por esses minerais traz desafios como sustentabilidade e rastreabilidade. Essa cadeia pode ser dividida em três segmentos principais: reservas, produção e refino. Alguns países se destacam por suas reservas abundantes, outros pela capacidade de produção, enquanto a China domina o refino, graças a políticas de incentivo à mineração e à indústria implementadas há quase 50 anos.

O Brasil, por sua vez, possui grandes reservas de minerais estratégicos, mas a produção ainda é incipiente. Com uma matriz elétrica limpa e tradição em mineração, o País tem capacidade para se tornar um benchmark global em exploração destes minerais. O crescimento desse setor depende de investimentos em infraestrutura, da criação de condições legais que facilitem a instalação de novas operações de mineração e de um mapeamento abrangente do potencial mineral brasileiro, além da divulgação de informações claras. Esse movimento pode gerar um impacto econômico e social significativo, transformando o Brasil em uma potência de desenvolvimento sustentável.

Notas

1. [What are 'critical minerals' and what is their significance for climate change action? - Grantham Research Institute on climate change and the environment \(lse.ac.uk\)](#)
2. <https://ibram.org.br/noticia/acesse-a-versao-final-do-green-paper-sobre-minerais-criticos-e-estrategicos/>
3. <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/oil/062024-fossil-fuel-use-hits-new-highs-in-2023-despite-renewable-energy-boom>
4. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
5. [Global Clean Energy Investment Jumps 17%, Hits \\$1.8 Trillion in 2023. According to BloombergNEF Report | BloombergNEF \(bnef.com\)](#)
6. [Executive summary – Global Critical Minerals Outlook 2024 – Analysis - IEA](#)
7. <https://www.irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2023>
8. [Home - Intergovernmental Forum](#)
9. [Home - Intergovernmental Forum](#)
10. [Home - Intergovernmental Forum](#)
11. [International Energy Agency – Global EV Outlook 2024 Global EV Outlook 2024 \(iea.blob.core.windows.net\)](#)
12. [Cui et al., 2020; Hall et al., 2020; IEA, 2021; Wappelhorst & Cui, 2020\).](#)
13. <https://www.weforum.org/publications/securing-minerals-for-the-energy-transition/>
14. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
15. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
16. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
17. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
18. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
19. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
20. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
21. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
22. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Energy_Transition_and_Geopolitics_2024.pdf
23. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>
24. [What are rare earth elements, and why are they important? | American Geosciences Institute](#)
25. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
26. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
27. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
28. [The future of critical raw materials in Ukraine and the world | World Economic Forum](#)
29. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
30. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
31. <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024>
32. <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024>
33. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
34. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
35. <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024>
36. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
37. <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024>
38. <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024>
39. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
40. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
41. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
42. <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024>
43. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
44. <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024>
45. <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024>
46. <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024>
47. <https://www.iea.org/policies/16156-inflation-reduction-act-of-2022>
48. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan_en
49. <https://www.ipea.gov.br/revistas/index.php/rtm/article/view/266>

50. [Infográfico Mineração em Números 1ºS2021](#)
51. [Infográfico Mineração em Números 1ºS2021](#)
52. [Infográfico Mineração em Números 1ºS2021](#)
53. [WMD 2023](#)
54. <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/economia-mineral/publicacoes/informe-mineral>
55. <https://observatoriodaminerao.com.br/representando-3-do-pib-setor-minero-siderurgico-consome-11-da-eletricidade-no-brasil/#:~:text=Os%20dados%20do%20BEN%20mais%20recente%2C%20de%202021%2C,no%20Brasil%2C%20isso%20representa%2011%25%20da%20eletricidade%20produzida>
56. [Brazil | Ember](#)
57. [Brazil | Ember](#)
58. <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-2-de-18-de-junho-de-2021-327352416>
59. Níquel, Terras Raras, Lítio, Nióbio e Grafite
60. <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024> <https://www.sgb.gov.br/>
61. <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/da-turbina-do-aviao-ao-motor-eletrico-cobalto-e-mais-um-mineral-estrategico-para-o-brasil#>
62. <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024>
63. <https://ibram.org.br/noticia/cobalto-e-nova-febre-em-todo-o-mundo/>
64. <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202311/da-turbina-do-aviao-ao-motor-eletrico-cobalto-e-mais-um-mineral-estrategico-para-o-brasil>
65. <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024>
66. <https://www.bgs.ac.uk/>
67. [Infográfico Mineração em Números 1ºS2021](#)
68. https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/seminario-sobre-mineracao-e-transformacao-mineral-de-mine-rais-estrategicos-para-a-transicao-energetica/4-4-sgb-apresentacao_grafita_debora.pdf
69. <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024>
70. https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/seminario-sobre-mineracao-e-transformacao-mineral-de-mine-rais-estrategicos-para-a-transicao-energetica/4-4-sgb-apresentacao_grafita_debora.pdf
71. <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024>
72. <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024>
73. [Apresentação do PowerPoint](#)
74. <https://jornal.usp.br/radio-usp/brasil-possui-grande-potencial-na-extracao-de-litio-mas-precisa-aprimorar-a-logistica/>
75. <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024>
76. [Apresentação do PowerPoint](#)
77. [O Brasil na vanguarda da transição energética | Elementar | Valor Econômico](#)
78. <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024>
79. <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202311/brasil-e-o-principal-agente-no-mercado-mundial-de-niobio#:~:text=Em%202022%2C%20a%20pro-du%C3%A7%C3%A3o%20brasileira,primeiro%20produtor%20mundial%20do%20elemento>
80. <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024>
81. Transbordamento: efeito em que uma atividade econômica gera impactos positivos em terceiros, como o avanço tecnológico de uma empresa beneficiando outras ou a abertura de uma universidade impulsionando o comércio e a inovação local.
82. Note que esse impacto não será realizado em um ano, ele pode ser gradualmente realizado de acordo com o aumento da produção nesses períodos. E esta análise trata apenas do impacto indireto e não estima o impacto induzido pelo aumento do emprego e dos salários, portanto, o impacto real pode diferir desta estimativa.
83. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
84. TC/RC (Treatment and Refining Charges): São taxas aplicadas pelas fundições e refinarias para o tratamento e purificação de concentrados minerais, como cobre ou zinco. TC (Treatment Charge) refere-se ao custo de processamento do minério bruto, enquanto RC (Refining Charge) cobre os custos adicionais para refinar o metal até atingir o grau de pureza exigido pelo mercado. Essas taxas variam conforme a dinâmica de oferta e demanda do mercado global de concentrados e têm impacto direto na rentabilidade das mineradoras e fundições.
85. <https://www.bing.com/search?q=brasil+30%25+mapeado+ibram&qsn=&form=QBRE&sp=1&ghc=1&lq=0&pp=brasil+30%25+mapeado+br&sc=6-22&sk=&cvid=50974FFA417542C68BA39180E57EFB15&ghsh=0&ghacc=0&ghpl=>
86. https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2450892&filename=PL%202780/2024
87. <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024> <https://www.sgb.gov.br/>
88. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
89. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
90. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
91. <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202402/brasil-e-lider-em-investimento-na-america-latina-em-transicao-energetica-mostra-relatorio#:~:text=O%20documen-to%20destacou%20que%20o,mundial%2C%20principalmente%20no%20sul%20global>
92. <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202408/plano-unifica-acoes-de-estado-para-politica-energetica-mais-verde-e-inclusiva>
93. <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/novopac>
94. <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>
95. <https://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2024-08/brasil-e-chile-firmam-parceria-para-cooperacao-no-setor-espacial>

Minerais críticos do futuro e o papel estratégico do Brasil na transição para uma economia de baixo carbono

Contatos

Patricia Muricy

Sócia-líder da indústria de Energy, Resources & Industrials da Deloitte

Maria Emília Peres

Sócia e líder das Ofertas Integradas da Deloitte Brasil para Clima, Sustentabilidade & Equidade

Luis Paulo Assis

Sócio de Finanças Sustentáveis

Pedro Leão

Gerente de Consultoria

Tomomi Sasaki

Gerente de Finanças Sustentáveis

Participaram da produção deste relatório

Eduardo Teixeira

Paula Noccioli



Deloitte.

A Deloitte refere-se a uma ou mais empresas da Deloitte Touche Tohmatsu Limited ("DTTL"), sua rede global de firmas-membro e suas entidades relacionadas (coletivamente, a "organização Deloitte"). A DTTL (também chamada de "Deloitte Global") e cada uma de suas firmas-membro e entidades relacionadas são legalmente separadas e independentes, que não podem se obrigar ou se vincular a terceiros. A DTTL, cada firma-membro da DTTL e cada entidade relacionada são responsáveis apenas por seus próprios atos e omissões, e não entre si. A DTTL não fornece serviços para clientes. Por favor, consulte www.deloitte.com/about para saber mais.

A Deloitte é líder global de auditoria, consultoria empresarial, assessoria financeira, gestão de riscos, consultoria tributária e serviços correlatos. Nossa rede global de firmas-membro e entidades relacionadas, presente em mais de 150 países e territórios (coletivamente, a "organização Deloitte"), atende a quatro de cada cinco organizações listadas pela Fortune Global 500®. Saiba como os cerca de 415 mil profissionais da Deloitte impactam positivamente seus clientes em www.deloitte.com.

© 2025. Para mais informações, contate a Deloitte Global.