



FUNDAMENTOS
PARA POLÍTICAS
PÚBLICAS EM
MINERAIS CRÍTICOS E
ESTRATÉGICOS
PARA O BRASIL



IBRAM
MINERAÇÃO DO BRASIL





GOVERNANÇA

DIRETORIA EXECUTIVA

Raul Jungmann

Diretor-Presidente do IBRAM

Fernando Azevedo e Silva

Vice-Presidente do IBRAM

Alexandre Valadares Mello

Diretor de Assuntos Associativos e Mudança do Clima

Julio Cesar Nery Ferreira

Diretor de Sustentabilidade

Paulo Henrique Leal Soares

Diretor de Comunicação

Rinaldo César Mancin

Diretor de Relações Institucionais

Osny Vasconcellos

Diretor Administrativo e Financeiro



CONSELHO DIRETOR

BIÊNIO 2024-2025

Presidente do Conselho:

- **Anglo American Brasil**
Ana Sanches
Titular

Vice-Presidente do Conselho:

- **Lundin Mining**
Ediney Maia Drummond
Titular

CONSELHEIROS:

- **Alcoa**
Eduardo Doria - Titular
Michelle Shayo - Suplente
- **Anglo American Brasil**
Ivan de Araujo Simões Filho -
Suplente
- **AngloGold Ashanti**
Marcelo Pereira - Titular
Othon de Villefort Maia -
Suplente
- **ArcelorMittal**
Wagner de Brito Barbosa -
Titular
Wanderley José de Castro -
Suplente
- **BAMIN**
Eduardo Jorge Ledsham - Titular
Alexandre Victor Aigner -
Suplente
- **Companhia Brasileira de
Metalurgia e Mineração - CBMM**
Eduardo Augusto Ayroza Galvão
Ribeiro - Titular
Ricardo Fonseca de Mendonça
Lima - Suplente
- **Copelmi Mineração Ltda**
Cesar Weinschenck de Faria -
Titular
Roberto da Rocha Miranda de
Faria - Suplente
- **Embu S.A. Engenharia e
Comércio**
Daniel Debiazzi Neto - Titular
Luiz Eulálio Moraes Terra -
Suplente

- **Kinross Brasil Mineração S.A.**
Gilberto Carlos Nascimento
Azevedo - Titular
Ana Cunha - Suplente
- **Lundin Mining**
Luciano Antonio de Oliveira
Santos - Suplente
- **Mineração Caraíba S.A.**
Eduardo de Come - Titular
Antonio Batista de Carvalho
Neto - Suplente
- **Mineração Paragominas S.A.
(HYDRO)**
Anderson Baranov - Titular
Paula Amelia Zanini Marlieri -
Suplente
- **Mineração Rio Do Norte S.A. –
MRN**
Guido Roberto Campos Germani
- Titular
Vladimir Senra Moreira -
Suplente
- **Mineração Taboca S.A**
Newton A. Viguetti Filho - Titular
Ronaldo Lasmar - Suplente
- **Mineração Usiminas S.A.**
Carlos Hector Rezzonico - Titular
Marina Pereira Costa Magalhães
- Suplente
- **Minerações Brasileiras Reunidas
- MBR**
Octavio Bulcão - Titular
Marcelo Sampaio - Suplente
- **Mosaic Fertilizantes**
Adriana Kupcinskias Alencar -
Titular
Emerson Araken Martin Teixeira -
Suplente
- **Nexa Resources**
Jones Belther - Titular
Guilherme Simões Ferreira -
Suplente
- **Samarco Mineração S.A.**
Rodrigo Alvarenga Vilela - Titular
Felipe Starling - Suplente
- **Vale**
Alexandre Silva D´Ambrosio -
Titular
Lauro Angelo Dias de Amorim -
Suplente
Marcello Magistrini Spinelli -
Titular
Vinícius Resende Domingues -
Suplente
Rafael Bittar - Titular
Helga Paula Patrícia Franco -
Suplente

FUNDAMENTOS PARA POLÍTICAS PÚBLICAS EM MINERAIS CRÍTICOS E ESTRATÉGICOS PARA O BRASIL

Brasília | Junho | 2024

© **2024 Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM)**

SHIS QL 12 cj 0 (zero) casa 04, Lago Sul.

CEP:71.630-205 – Brasília/DF

Telefone: (61) 3364-7272

Endereço eletrônico:

<http://www.ibram.org.br>

© Todos os direitos reservados.

É permitida a reprodução de dados e de informações contidos nesta publicação, desde que citada a fonte.

COORDENAÇÃO TÉCNICA E EXECUTIVA

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração

- Cinthia de Paiva Rodrigues
- Cláudia Franco de Salles Dias
- Julio Cesar Nery Ferreira

COMISSÃO DE EDITORAÇÃO E REVISÃO

- Aline Pereira Leite Nunes
- Maria de Lourdes Pereira dos Santos

Projeto Gráfico, diagramação, capa e ilustrações: Pablo Frioli

Fotografias: Adobestock

Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM

Fundamentos para Políticas Públicas em Minerais Críticos e Estratégicos para o Brasil. E Book. Organizador: Instituto Brasileiro de Mineração. 1.ed. - Brasília: IBRAM, 2024. 355p. : il.

ISBN: 978-85-61993-20-7

1.Mineração 2. Políticas Públicas 3.Minerais Críticos e Estratégicos.
Disponível em: www.ibram.org.br

CDU: 622.3:342.1

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL – CETEM/MCTI

Silvia Cristina Alves França

Diretora do Centro de
Tecnologia Mineral

PRODUTO 1:

Análise do desenho atual dos programas e políticas públicas para os minerais estratégicos no Brasil

Coordenação:

- Fernando A Freitas Lins (Coordenador)
- Fabio Giusti Azevedo de Britto (Coordenador adjunto)

Pesquisadores:

- Carlos Cesar Peiter (CETEM)
- Edmilson Rodrigues Costa (Consultor)
- Fabio Giusti Azevedo (CETEM)
- Fernando A. Freitas Lins (CETEM)
- Frederico Bedran Oliveira (Consultor)
- Geraldo Sandoval Goes (IPEA),
- Maria Amélia Rodrigues da Silva Enriquez (UFPA)
- Maria Pereira Green (CETEM).

Colaboradores:

- Fernando Ferreira de Castro (Consultor)
- Pedro Maragno do Almo (Mestrando UnB - Geologia)

PRODUTO 2:

Benchmarking de iniciativas de políticas públicas sobre minerais estratégicos em diversos países

Coordenação:

- Fernando A Freitas Lins (Coordenador)
- Fabio Giusti Azevedo de Britto (Coordenador adjunto)

Pesquisadores:

- Carlos Cesar Peiter (CETEM)
- Edmilson Rodrigues da Costa (Consultor)
- Fabio Giusti Azevedo (CETEM)
- Fernando A. Freitas Lins (CETEM)
- Frederico Bedran Oliveira (Consultor)
- Geraldo Sandoval Goes (IPEA)
- Maria Amélia Rodrigues da Silva Enriquez (UFPA)
- Maria Pereira Green (CETEM)

Colaboradores:

- Fernando Ferreira de Castro (Consultor)
- Pedro Maragno do Almo (Mestrando Geologia/UnB)

PRODUTO 4:

Roadmap tecnológico dos minerais estratégicos no Brasil

Coordenação:

- Lúcia Helena Xavier (Coordenadora)

Pesquisadores:

- Jorge Boeira (Consultor)
- Luciana Contador (Consultora)
- Luciana Mofati (Consultora)
- Miguel Nery (Consultor)
- Renato Ciminelli (Consultor)
- Sérgio Monforte (Consultor)

Colaboradores:

- Alice Almeida de Mello (Apoio técnico)
- Emmanuelle Freitas (CETEM)
- Fernando A Freitas Lins (CETEM)
- Mariano Laio Oliveira (ANM)

Consolidação da versão final

- Lúcia Helena Xavier (CETEM)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estimativa de aumento no consumo de materiais críticos em 2050.	40
Figura 2: Minerais críticos e estratégicos utilizados em tecnologias de energia renovável.	71
Figura 3: Demanda mineral para tecnologias de energias renováveis por cenários.	72
Figura 4: Valor estimado da cadeia de valor de minerais para baterias e veículos elétricos.	73
Figura 5: Minerais e metais para veículos elétricos por peso (em kg) e principais países produtores.	75
Figura 6: Participação dos três principais países produtores na produção total de minerais e combustíveis fósseis selecionados, 2019.	77
Figura 7: Grau de impacto da demanda das tecnologias da transição nos minerais críticos.	81
Figura 8: Minerais críticos e estratégicos e combustíveis fósseis diferem em vários aspectos.	83
Figura 9: Participação do orçamento global de pesquisa mineral de materiais selecionados por país, 2012 e 2022.	84
Figura 10: Principais países atuando na mineração de minerais críticos selecionados.	86
Figura 11: Principais países atuando no processamento/refino de materiais críticos e estratégicos.	87
Figura 12: Riscos inerentes à pesquisa mineral.	91
Figura 13: Imagens georreferenciadas do sistema SIGMINE da ANM.	93
Figura 14: Estágio atual do conhecimento geológico básico no Brasil.	94

Figura 15: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Potássio no Brasil (2024)	100
Figura 16: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Fosfato no Brasil (2024)	105
Figura 17: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Lítio no Brasil (2024)	110
Figura 18: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Terras Raras no Brasil (2024)	112
Figura 19: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Níquel no Brasil (2024)	114
Figura 20: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Cobalto no Brasil (2024)	116
Figura 21: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Grafita no Brasil (2024)	118
Figura 22: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Manganês no Brasil (2024)	120
Figura 23: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Bauxita (Alumínio) no Brasil (2024)	123
Figura 24: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Cobre no Brasil (2024)	125
Figura 25: Consumo energético (MWm) por setor, no ambiente de contratação livre (ACL), dados de outubro de 2022 a abril de 2024.	127
Figura 26: Variação do consumo médio (MWm) das atividades de extração de minerais metálicos, minerais não metálicos e metalurgia e produtos de metal em comparação com o mesmo período do ano anterior. (a) todas as fontes de energia e (b) somente autoprodução.	127
Figura 27: Variação de consumo de energia elétrica nos últimos 12 meses, para as atividades de extração de minerais metálicos, não metálicos e metalurgia.	128
Figura 28: Consumo energia no setor mineral em setembro 2023.	129

Figura 29: Consumo energia de autoprodução para metalurgia em setembro de 2021, 2022 e 2023.	129
Figura 30: Consumo de água no Brasil, por setor de 1931 a 2030 (projeção).	130
Figura 31: Projeções de Usos Consuntivos da Água em 2030.	131
Figura 32: Representação do fluxo de materiais críticos e estratégicos entre os principais países produtores.	132
Figura 33: Volume de comercialização dos principais minerais em toneladas (2022).	133
Figura 34: Mineração e a economia circular.	143
Figura 35: Linha do tempo das regulamentações sobre economia circular no mundo.	144
Figura 36: Cadeia de processos para a recuperação de materiais secundários a partir de baterias NCM pós-consumo.	149
Figura 37: Intensidade de emissões para produção primária e secundária de materiais.	153
Figura 38: Cadeia de valor, <i>upstream</i> e <i>downstream</i> , ações para recuperação de valor.	156
Figura 39: Os três eixos de avaliação da criticidade de metais dos Estados Unidos	165
Figura 40: Projetos da China na África e na América do Sul.	200
Figura 41: Infográfico de fluxos e estoques de materiais na cadeia de valor.	212
Figura 42: Cadeia produtiva dos fertilizantes.	214
Figura 43: Brasil - matriz energética e matriz elétrica 2022.	224
Figura 44: Demanda de minerais para tecnologias eólicas <i>offshore</i> e <i>onshore</i> .	226
Figura 45: Demanda de minerais para tecnologias solares fotovoltaicas.	227

Figura 46: Evolução da fonte solar fotovoltaica no Brasil.	228
Figura 47: Demanda de minerais para tecnologias de baterias de íons de lítio.	231
Figura 48: Orçamento público para os ministérios da Defesa, Educação, Ciência e Tecnologia e Saúde, desde 2010.	248
Figura 49: Principais despesas do Ministério da Defesa em % total.	249
Figura 50: Evolução de patentes de tecnologias aeroespaciais e instituições de pesquisa e de empresas brasileiras.	250
Figura 51: Principais depositantes brasileiros de patentes relacionadas às tecnologias aeroespaciais.	251
Figura 52: Tecnologia e aplicações espaciais.	252
Figura 53: Importação de lítio por etapa da cadeia de valor, dados em valor total FOB US\$.	259
Figura 54: Exportação de lítio por etapa da cadeia de valor, dados em valor total FOB US\$.	260
Figura 55: Volume negociado no ano de 2022 valores FOB (US\$/Kg).	260
Figura 56: Volumes comercializados no Brasil em 2022 – Lítio (kg).	261
Figura 57: Importação de níquel por etapa da cadeia de valor, dados em valor total FOB US\$.	263
Figura 58: Exportação de níquel por etapa da cadeia de valor, dados em valor total FOB US\$.	264
Figura 59: Volume negociado no ano de 2022 (FOB US\$/Kg)	264
Figura 60: Volumes comercializados no Brasil em 2022 – Níquel (kg).	265
Figura 61: Exportação de alumínio por etapa da cadeia de valor, dados em valor total FOB US\$.	267
Figura 62: Importação de alumínio por etapa da cadeia de valor, dados em valor total FOB US\$.	267

Figura 63: Volume negociado no ano de 2022 FOB (US\$/Kg).	268
Figura 64: Volumes comercializados no Brasil em 2022 – Alumínio (kg).	268
Figura 65: Valores Totais de FeNb por ano (FOB US\$).	271
Figura 66: Volumes exportados de FeNb a partir do Brasil em 2021 e 2022 (em ton.). Fonte: ComexStat, 2023.	272
Figura 67: Análise do fluxo de materiais da cadeia industrial do ferro-nióbio.	275
Figura 68: Principais depósitos de Nióbio mapeados no mundo	276
Figura 69: Exportação de cobre por etapa da cadeia de valor, dados em valor total FOB US\$.	278
Figura 70: Importação de cobre por etapa da cadeia de valor, dados em valor total FOB US\$.	278
Figura 71: Volumes comercializados no Brasil em 2022 – Cobre (kg).	279
Figura 72: Volume negociado no ano de 2022 (FOB US\$/Kg).	279
Figura 73: Volumes comercializados no Brasil em 2022 – Cobalto (kg).	280
Figura 74: Exportação de cobalto por etapa da cadeia de valor, dados em valor total FOB US\$.	281
Figura 75: Importação de cobalto por etapa da cadeia de valor, dados em valor total FOB US\$.	281
Figura 76: Volume negociado no ano de 2022 (FOB US\$/Kg).	282
Figura 77: Ativos de lítio em Minas Gerais.	283
Figura 78: Escala de maturidade tecnológica.	291
Figura 79: Cenários de agregação de valor.	326

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Protocolos das Agências Multilaterais visando uma mineração sustentável..	38
Tabela 2: Comitês Técnicos (TC) da ISO relativos ao setor mineral.	41
Tabela 3: Análise comparativa PNM 2030 e minuta da PNM 2050.	48
Tabela 4: Categorias de Minerais Estratégicos definidos pela Política Pró-Minerais Estratégicos	53
Tabela 5: Projetos Habilitados pelo CTAPME.	54
Tabela 6: Projetos Habilitados pelo CTAPME: Investimentos e Produção.	55
Tabela 7: Regulamentação nacional do setor de energia e de interesse para a indústria mineral.	62
Tabela 8: Matriz de verificação da conformidade legal e normativa.	66
Tabela 9: Consumo de energia e água na produção de metais a partir de fontes primárias e secundárias.	68
Tabela 10: Metas para a reciclagem de baterias pós-consumo na Europa.	150
Tabela 11: Evolução e Características das Listas de Matérias-Primas Críticas da UE.	159
Tabela 12: Categorias da estratégia do Reino Unido para os minerais críticos e iniciativas recentes.	173
Tabela 13 - Lista dos 24 minerais do Plano Nacional de Recursos Minerais de 2016.	195
Tabela 14: Matérias-primas críticas e estratégicas da União Europeia (2023).	203
Tabela 15: Minerais Críticos do Reino Unido (2022).	203

Tabela 16: Minerais críticos dos Estados Unidos e sua utilização (2022).	204
Tabela 17: Conjunto prioritário de minerais críticos e estratégicos.	209
Tabela 18: Produção anual de remineralizadores e fertilizantes minerais simples de composição silicática (dados parciais).	220
Tabela 19: Baterias de íons de lítio, principais tecnologias (anodo).	230
Tabela 20: Baterias de íons de lítio, principais tecnologias (catodo).	231
Tabela 21 - Fontes de energia mencionadas no PNE e a demanda associada por minerais estratégicos.	238
Tabela 22: Tecnologias, países líderes e risco de monopólio	253
Tabela 23: Matriz de correlação entre as divisões do Código Nacional de Atividades Industriais (CNAE) e a Classificação da substância mineral a partir da Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM).	270
Tabela 24: Matriz Swot.	324

SUMÁRIO

PREFÁCIO	20
APRESENTAÇÃO	24
1. SUMÁRIO EXECUTIVO	28
2. DIAGNÓSTICO	34
2.1 Abordagem legal e normativa	35
2.1.1 Impactos sociais e ambientais	35
2.1.2 A regulamentação internacional e alianças estratégicas	39
2.1.3 Panorama nacional	44
2.1.4 Avanço do marco regulatório mineral no Brasil	46
2.1.5 Conformidade legal e normativa	66
2.2 Contexto mundial sobre os minerais críticos e estratégicos	67
2.2.1 Configuração e oportunidades no mercado internacional	69
2.2.2 Alavancas para o aumento da demanda por minerais críticos e estratégicos	70
2.2.3 Cenário para minerais críticos e estratégicos para a transição energética	80
2.3 Competitividade dos minerais críticos e estratégicos	88
2.3.1 Análise do potencial geológico nacional no contexto dos minerais críticos e estratégicos	90
2.4 Minerais estratégicos para produção de fertilizantes	98
2.4.1 Potássio	99
2.4.2 Fosfato	104
2.5 Minerais críticos e estratégicos para a transição energética	108
2.5.1 Lítio	109
2.5.2 Terras Raras	111
2.5.3 Níquel	113
2.5.4 Cobalto	115
2.5.5 Grafita	117
2.5.6 Manganês	119

2.6	Metais básicos para a transição energética	121
2.6.1	Alumínio	121
2.6.2	Cobre	123
2.7	Demanda energética do setor mineral	125
2.8	Consumo de água no setor mineral	130
2.9	Produção e comércio dos materiais críticos e estratégicos	132
2.10	Situação atual e perspectivas de fomento e produção	134
3.	<i>BENCHMARKING</i>	138
3.1	A economia circular e os materiais críticos e estratégicos	139
3.1.1	Conceito e Princípios da Economia Circular	140
3.1.2	A Economia circular e o setor mineral	145
3.1.3	Potencial da recuperação de materiais secundários	148
3.1.4	Rastreabilidade nas cadeias de valor e modelos de negócio	154
3.2	Políticas de minerais críticos e estratégicos de alguns países	157
3.2.1	União Europeia, Estados Unidos e Reino Unido	157
3.2.2	Estados Unidos	163
3.2.3	Reino Unido	170
3.2.4	Japão	175
3.2.5	Austrália e Canadá	178
3.2.6	Argentina, Bolívia e Chile	185
3.2.7	Índia	191
3.2.8	China	193
3.3	Considerações	201
4.	<i>ROADMAP TECNOLÓGICO</i>	206
4.1	Segurança alimentar	213
4.1.1	Plano Nacional de Fertilizantes 2050 (PNF 2050) – MDIC	221
4.2	Energia	224
4.2.1	Energia Eólica	225
4.2.2	Energia Fotovoltaica	227

4.2.3	Sistemas de armazenamento de energia	229
4.2.4	Baterias de íons de lítio	230
4.2.5	Biocombustíveis	233
4.2.6	Hidrogênio verde	234
4.2.7	Plano Nacional de Energia 2050(PNE 2050) – MME	237
4.3	Infraestrutura	240
4.3.1	MAPA Estratégico da Indústria 2023-2032 – CNI	246
4.4	Defesa	248
4.5	Roadmap tecnológico da cadeia de valor	257
4.5.1	Cadeia de valor dos materiais estratégicos e críticos	258
4.5.2	Vocação mineral e a demanda tecnológica	283
4.5.3	Avaliação das tendências tecnológicas	284
4.5.4	Concentração Geográfica de Recursos	287
4.5.5	Visão Prospectiva	289
4.5.6	Rotas tecnológicas dos minerais críticos e estratégicos elencados	291
5.	FUNDAMENTOS PARA POLÍTICAS PÚBLICAS DE MINERAIS CRÍTICOS E ESTRATÉGICOS	308
5.1	Perspectivas para o setor mineral brasileiro	310
5.2	Perspectivas para a circularidade	312
5.3	Qualificação de recursos humanos	313
5.4	Áreas de investimento em PD&I	313
5.5	Marco regulatório	315
5.6	Análise estratégica dos minerais críticos e estratégicos	316
5.7	Análise Prospectiva – um esboço de cenarização	325
5.8	Subsídios e propostas para a uma política de minerais críticos e estratégicos	328
5.8.1	EIXO I: Garantir a confiabilidade e a resiliência	328
5.8.2	EIXO 2: promover a exploração, produção e inovação	335
5.8.3	EIXO 3: incentivar práticas sustentáveis e responsáveis	350

PREFÁCIO

The background features a dark teal color at the top, transitioning into a lighter teal and then a light green color at the bottom. The shapes are geometric, with sharp angles and overlapping layers, creating a modern, layered effect.

DAS PALAVRAS À AÇÃO



Após fomentar e participar ativamente de inúmeras discussões de alto nível com os diversos setores organizados da sociedade, a indústria da mineração toma a iniciativa de propor rumos para o Brasil fortalecer a agenda voltada ao desenvolvimento sustentável, à promoção do bem-estar social e à repartição de benefícios.

Está em jogo o futuro do país, dos brasileiros e dos demais habitantes do planeta, bem como o do próprio planeta. E, nesse sentido, a produção de minérios se torna mais importante para estabelecer uma condição de 'segurança mineral', e, ousar dizer, de soberania nacional a partir do momento em que possamos afirmar termos asseverada a oferta suficiente de minérios para desenvolvermos tecnologia e equipamentos voltados a mitigar a emergência climática e seus efeitos danosos sobre nossa qualidade e nossa expectativa de vida.

A partir das discussões encaminhadas, um fruto foi gerado, representado por este documento, elaborado sob a liderança do Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) em nossa gestão. Ele traz propostas de linhas mestras para que o Estado brasileiro – independente de quem estiver ocupando o governo – possa, de forma mais acelerada, estruturar uma política dedicada à produção de minerais críticos e estratégicos em larga escala, visando o presente e, em especial, o futuro. Como descrevi, são minérios tradicionais, como ferro, cobre, mas, também, outros que passam ou deverão passar a figurar na pauta de produção nacional com maior expressão, como lítico, cobalto, terras raras, vanádio, entre outros.

Mas, há, ainda, os que representam a oportunidade de superarmos vulnerabilidades, entre as quais, à qual está submetido o agronegócio brasileiro. Assim como a mineração, o agro responde por boa parte da geração de divisas ao país. Mas este setor encontra-se extremamente dependente da importação de potássio e fosfato, minérios utilizados para fabricar fertilizantes. O mesmo ocorre com outros setores importantes no país. Desenvolver esta produção no território nacional é possível e absolutamente estratégico, como é para os minérios destinados à descarbonização, à transição para a economia verde.

Esta ação de Estado irá proporcionar, na prática, uma contribuição para a reindustrialização do país. Isso porque, além da expansão do setor mineral, outras indústrias poderão se instalar a partir da maior oferta de minérios. O país ganhará força no âmbito das relações internacionais ao se instituir como um dos líderes de suprimento dos minérios críticos e estratégicos. Irá atrair grandes volumes de recursos financeiros para investimentos em seu território e, com a governança adequada, transformará essa oportunidade em benesses para a promoção do desenvolvimento socioeconômico e ambiental.

Para responder a esse incremento da produção mineral – que é uma demanda mundial – a indústria da mineração brasileira tem atuado com afinco ao longo dos anos, com dedicação especial aos aspectos de segurança, responsabilidade com as pessoas e com o meio ambiente. A indústria ainda agregou ações à sua rotina, a exemplo da promoção da economia circular como possível provimento de materiais para fazer frente à alta demanda, em consonância com o novo paradigma socio-ambiental global de consumo e produção mais eficientes. Essa trajetória tem permitido, principalmente nos anos mais recentes, estabelecer uma relação de confiança ascendente junto à sociedade. E, neste momento, a agenda da promoção dos minerais críticos e estratégicos alinhada como solução para a mais grave preocupação da humanidade – a emergência climática – estabelece com clareza a visão estratégica que se deve ter deste setor industrial. De fato, nossa mineração ganha um novo patamar de relevância no dia a dia e no futuro de todos nós.

Ao apresentar esta publicação, que visa, sobretudo, o bem-estar das pessoas e do país, agora e no futuro, a indústria da mineração apresenta um exemplo de como tem mudado sua postura corporativa e institucional nesses últimos anos. Somos um conjunto de empresas, reunidas em torno do IBRAM, seriamente comprometidas com as boas práticas ESG; um dos três setores mais importantes para a economia; fomentamos com matérias-primas todo o parque industrial do país. E diante dessa realidade, a indústria da mineração tem por obrigação se colocar à disposição para fazer parte das iniciativas voltadas ao futuro sustentável de nossa nação.

Uma vez comprometida com a evolução de seus processos operacionais, com seu relacionamento com as pessoas, com sua inserção mais incisiva nos destinos do país, a mineração enxerga que avançará, inclusive, na obtenção de uma conquista tão almejada.

O conjunto de fundamentos aqui propostos resulta de um árduo e dedicado trabalho realizado conjuntamente pelas equipes do IBRAM e do

Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/MCTI), aos quais transmito e aqui registro as devidas homenagens pela alta qualidade do produto entregue.

Raul Jungmann

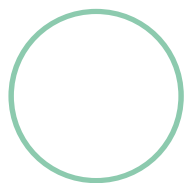
Diretor-Presidente

Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM)



APRESENTAÇÃO

The background features a dark teal gradient at the top, transitioning into a lighter teal and then a light green gradient at the bottom. The design is composed of several overlapping, angular shapes that create a sense of depth and movement, resembling a stylized staircase or a series of chevron patterns.



O setor mineral representa uma parcela importante da economia brasileira. Historicamente responsável por alavancar diferentes setores produtivos desde o período colonial, o potencial geológico do país se destaca por meio de reservas naturais de minério de ferro, ouro, cobre, níquel, alumínio, nióbio, entre outros. Além disso, a atividade de mineração contribui com cerca de 4% do Produto Interno Bruto nacional. O Brasil cresce em protagonismo internacional na mineração com um volume de exportação de US\$ 41,7 bilhões em 2022. A produção de minério de ferro totalizou 61,4% do faturamento do setor no mesmo ano, quando foram gerados mais de 204 mil empregos diretos e 2,25 milhões de empregos indiretos.

A regulamentação da Política Mineral Brasileira ganhou nova abordagem a partir do Decreto nº 11.108 de 2022, com destaque para alguns princípios como a valorização dos benefícios socioeconômicos dos recursos minerais, a agregação de valor aos bens minerais, a ampliação da competitividade no mercado internacional, sem perder de vista a promoção do desenvolvimento sustentável e a responsabilidade socioambiental. Desta forma, para além das exigências de licenciamento ambiental, o setor reforça como instrumentos do planejamento o Plano Nacional de Mineração, até 2030.

O Decreto nº 10.657 de 2021, por sua vez, estabelece critérios para o licenciamento ambiental e estabelece a lista de minerais estratégicos no âmbito da Política Pró-Minerais Estratégicos. Os critérios estabelecidos para a seleção dos minerais se pautam na dependência da importação, na importância econômica e na aplicação em produtos tecnológicos. Isso significa que, além dos aspectos econômicos, o grau de maturidade tecnológica ganha espaço e justifica o foco em soluções que apontam para a transição energética como um dos pilares de sustentação da economia de baixo carbono.

Neste sentido, o gerenciamento de processos e produtos alinhados aos princípios da circularidade, endossam as práticas de uso eficiente dos recursos, inclusive os minerais. Recursos primários ou secundários sendo extraídos, processados, manufaturados, comercializados, consumidos e recuperados de forma a garantir menores emissões atmosféricas, consumo eficiente de água e energia, e manutenção dos recursos naturais.

Os **Fundamentos para Políticas Públicas em Minerais Críticos e Estratégicos para o Brasil** apontam para uma fase importante de adequação de sistemas, processos e produtos até a década de 2030, com a prática de sistemas energéticos híbridos que mesclam sistemas clássicos baseados ainda no consumo de combustíveis fósseis e tecnologias inovadoras ap-

tas ao uso de fontes energéticas renováveis como os aerogeradores, as baterias íon-lítio e as células a hidrogênio. O desafio, no entanto, está em atingir as metas de carbono neutro até 2050, sem prescindir de recursos minerais críticos e estratégicos, por meio do desenvolvimento e adoção de tecnologias que possibilitem maior eficiência no consumo de materiais e da viabilidade de soluções que sejam ambientalmente justas e economicamente satisfatórias.

Sílvia Cristina Alves França

Diretora, Centro de Tecnologia Mineral - CETEM/MCTI

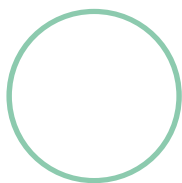
Julio Cesar Nery Ferreira

Diretor de Sustentabilidade – IBRAM





1. SUMÁRIO EXECUTIVO



fornecimento de insumos minerais é uma prerrogativa para a transição energética. As ações coordenadas para o atendimento de demandas futuras com a ampliação da oferta mineral e a verticalização da produção já estão sendo regulamentadas e empreendidas por diferentes países. Na Europa, vigora desde 2023, a diretiva específica para as baterias de veículos elétricos, considerando a recuperação de materiais secundários. Assegurar o suprimento de materiais no país requer ações coordenadas e metas regulamentadas.

A diferenciação e a identificação dos materiais críticos e estratégicos podem viabilizar ações mais assertivas para o desenvolvimento do setor. A definição de materiais críticos como aqueles que possuem risco de suprimento em nível global e de materiais estratégicos como aqueles que são importantes para o mercado nacional abre possibilidades para a estruturação de mapeamento estratégico de médio e longo prazo, bem como regulamentações direcionadas.

A harmonização dos instrumentos legais e normativos pode motivar a integração da cadeia de valor. O Brasil possui um conjunto de regulamentações que estabelecem os mecanismos de licenciamento, gestão dos recursos minerais e resíduos e créditos de logística reversa, mas que carecem de harmonização. O Plano de Ação da Taxonomia Sustentável Brasileira, é uma iniciativa que pretende apoiar a execução de metas ambientais e sociais. Na proposta são considerados, por exemplo, a atuação das indústrias extrativas e de transformação, pautando temas como emissões, geração de resíduos, além de interface com a indústria química.

A velocidade da inovação aplicada aos materiais críticos ou estratégicos pode limitar ou impactar investimentos de longo prazo no setor. O desenvolvimento de tecnologias de baterias de íon-lítio, com diversidade de aplicações e combinações químicas, densidade energética e vida útil, pode ter o lítio substituído, por exemplo, pelo sódio, com mais disponibilidade e menor custo. Assim, critérios como substituíbilidade e reciclabilidade podem comprometer o estabelecimento de novos modelos de negócio e as soluções para a transição energética.

O desenvolvimento de estratégias para o setor mineral precisa estar alinhado aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e aos princípios da economia circular. Investimentos na maturidade do parque industrial nacional requer o estímulo à capacitação e infraestrutura compatível, resultando na geração de empregos, combate à ilegalidade, consolidação de novos modelos de negócio baseados em sua matriz energética sustentável e práticas de circularidade, contribuindo para metas dos ODS, tais como:

Erradicação da Pobreza (ODS 1), Energias Renováveis (ODS 7) e Produção e Consumo Sustentável (ODS 12).

A estruturação de uma base de dados integrada, gerada a partir de levantamentos geológicos, pode subsidiar processos decisórios de forma mais assertiva.

A Base-GEO¹ e a Plataforma de Suporte ao Planejamento da Pesquisa e Produção Mineral² elaboradas em aderência com a Política Mineral Brasileira e a ação integrada do Serviço Geológico Brasileiro, da Agência Nacional de Mineração e partes interessadas. Agência Nacional de Mineração possui quatro Painéis Interativos que modernizam as ferramentas de divulgação de informações econômicas oficiais do Setor Mineral para toda a sociedade: o Observatório da CFEM, o Anuário Mineral Brasileiro Interativo, a Matriz de Relacionamentos de Classificações de Produtos e Atividades Econômicas, e o Comércio Exterior Mineral (ComexMin). Apesar do avanço, o Brasil ainda carece de informações específicas sobre a produção industrial mineral. A integração das informações de acesso público a partir da formalização da cooperação entre centros de pesquisa e as universidades devem potencializar a qualidade e quantidade de informação a ser disponibilizada. Desta forma, contribuindo para o suporte à tomada de decisão dos agentes públicos e privados a partir da difusão sistematizada do conhecimento geo-científico. A articulação entre agentes fiscalizadores, como o INPE e a ANM, para o monitoramento via satélite de garimpos ilegais deve ser incentivada.

As informações típicas de fichas técnicas de produtos não descrevem ou antecipam totalmente o desempenho funcional dos materiais.

Com relativa frequência, se consideram com desempenho funcional equivalente materiais provenientes de diferentes regiões ou um mesmo mineral com apresentações diferenciadas, como é o caso do minério de lítio que pode ser proveniente de rocha ou de salmouras. A realização de capacitações que possibilitem o desenvolvimento de competências para a qualificação dos materiais pode conferir maior eficiência em diferentes estágios de extração e processamento no setor mineral.

O controle e o gerenciamento da infraestrutura logística podem aumentar a competitividade.

A infraestrutura é considerada um aspecto decisivo para as atividades de mineração, podendo viabilizar ou impactar projetos de longo prazo. A proposta de consolidação de uso compartilhado de infraestrutura, sob a coordenação governamental, pode otimizar o uso de instalações e aumentar a competitividade no setor.

1 (<https://basegeo.sgb.gov.br/>)

2 (P3M - <https://p3m-beta.sgb.gov.br/#/dashboard>)

Nível de maturidade das políticas públicas brasileiras para o setor mineral. As políticas públicas para o setor encontram-se consolidadas em diferentes áreas. A mudança na dinâmica das relações entre mineração e atores territoriais, porém, requer harmonizações, adaptações e atualizações nos sistemas regulatórios de modo a abarcar os demais parâmetros de sustentabilidade.

As próximas frentes regulatórias devem incluir os materiais críticos e estratégicos. Além da recente regulamentação do licenciamento relacionado ao Programa Pró-minerais Estratégicos, outras duas iniciativas devem contribuir para regulamentação do setor, o Plano de Transição Ecológica e o Plano Nacional de Fertilizantes. Ainda assim, ressalta-se a importância de um marco regulatório específico para materiais críticos e estratégicos, com definições e estratégias a respeito da integração das cadeias de valor, responsabilidades e prazos.

Deve-se priorizar o investimento de curto prazo nos eixos direcionadores (*drivers*) como forma de garantir o fluxo de suprimento e competitividade no médio e longo prazos. A exemplo de vários países, o processo de agregação de valor aos bens minerais e respectivos produtos requer o domínio de tecnologias de produção de forma competitiva e inovadora e estas, por sua vez, exigem investimentos contínuos de médio e longo prazo em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), a exemplo de países expoentes no setor. Dentre as iniciativas prioritárias para estruturar e amadurecer a cadeia de valor dos materiais críticos e estratégicos estão as de curto prazo e prospectivas, as de médio prazo e estruturantes e as de longo prazo e de consolidação.

Posicionamento em cadeias globais de valor nesse cenário de transição energética e ecológica. A integração de cadeias de materiais críticos e estratégicos no país significa garantir o domínio tecnológico de todos os elos necessários desde o insumo mineral até o produto final que se deseja produzir. Para tanto, torna-se necessário que o país adote políticas públicas mínero-industriais abrangendo incentivos fiscais, linhas de crédito, melhorias no ambiente regulatório e de negócios, defesa comercial, apoio técnico e defesa comercial.

Zoneamento para a transformação mineral. Propõe-se que nas regiões onde ocorram intensa atividade mineradora de minerais críticos, sejam estabelecidas políticas de fomento por meio de Zonas de processamento de Transformação Mineral (ZPTM), com o governo estimulado a formação de arranjos produtivos de base tecnológica que possam impulsionar a integração das cadeias produtivas.

Estruturação de mecanismos de incentivos. A proposição de incentivo econômico a partir da isenção fiscal para empreendimentos que priorizem os materiais críticos e estratégicos pode possibilitar o redirecionamento de investimentos para a melhoria da infraestrutura. Um mecanismo de retroalimentação que pode render resultados no curto e médio prazo. Uma outra prática interessante e já discutida no setor mineral é a infraestrutura resiliente com a capacidade de absorver os impactos do crescimento e adequação tecnológica de processos produtivos.

Equiparação, para efeito apenas de benefício fiscal, das despesas com atividades de pesquisa mineral às despesas de PD&I tradicionais, com o objetivo de incentivar a pesquisa mineral no País. Pode-se considerar a pesquisa mineral como uma atividade de alto risco, tal como a atividade de PD&I, que visa alcançar a inovação tecnológica. Assim seria permitido às empresas de pesquisa mineral o usufruto da Lei do Bem, de 2005, que permite abater até 34% das despesas com PD&I do imposto de renda.

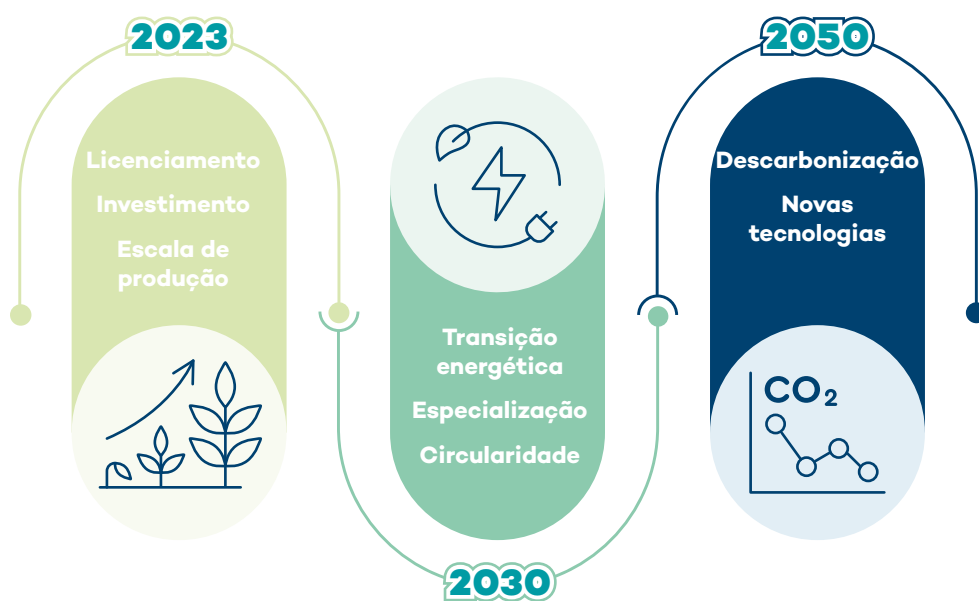
O fortalecimento dos pilares de incentivo à industrialização e consolidação de investimentos em PD&I são importantes alavancas para reduzir a incerteza quanto ao fornecimento de minerais críticos e estratégicos (MCE). As políticas públicas de envolvendo os MCE e voltadas para a transição energética e transformação ecológica configuram um novo patamar com o amadurecimento e harmonização de estratégias alinhadas com as tendências de mitigação de riscos geopolíticos e geoeconômicos ao suprimento de recursos, nomeados *friendshoring*, *nearshoring*, *greenshoring* e *reshoring*.

As 41 propostas apresentadas como subsídios para uma política de minerais estratégicos foram classificadas em três eixos e tipos de políticas. As políticas lançadas recentemente, como a Nova Indústria Brasil (NIB), implementada pelo MDIC e BNDES, por exemplo, além de outros órgãos e propostas que estão no legislativo oferece um pano de fundo favorável para o Brasil avançar na agregação de valor para não permanecer somente na condição de ser fornecedor de *commodities* nos mercados mundiais. As propostas tiveram como base as políticas e iniciativas dos vários países analisados e possibilidades vindouras, como o FIP Minerais Estratégicos no Brasil, com orçamento estimado em R\$ 1 bilhão e aporte do BNDES, mas que ainda necessita de regulamentação e definições.

O Brasil pode beneficiar-se ao adotar práticas internacionais na gestão de seus recursos minerais estratégicos, inspirando-se nas iniciativas dos países analisados. O contexto da globalização destes anos 2020 é muito diferente do que existia no começo deste século, quando havia uma expectativa de que as cadeias globais de suprimento seriam complementares,

com a produção dispersa em diversos continentes que apresentasse a melhor vantagem comparativa. Um denominador comum observado é a tendência ao maior planejamento estratégico e busca pelo cumprimento de requisitos de sustentabilidade ambiental por parte dos países, com reflexo na elaboração das regulamentações recentes.

A verticalização das cadeias produtivas é uma questão que denota análise caso a caso. A especialização de processos com a priorização de indústrias siderúrgicas no país, por exemplo, pode resultar em um aumento dos custos de produção e redução na competitividade das exportações na cadeia. O setor siderúrgico se restringe ao consumo de carvão para os processos tecnológicos disponíveis, com alto custo do consumo energético e baixa competitividade em relação à produção chinesa. Empresas de grande porte do setor estão sofrendo o impacto da concorrência e adotaram a estratégia de redução dos custos a partir do ano de 2023. Outros setores, como a reciclagem de sucata eletrônica, têm aumentado o potencial de processamento de suas unidades com a remanufatura e reciclagem para a recuperação de materiais secundários, resultado das fortes políticas públicas implementadas.



2. DIAGNÓSTICO

The page features a dark blue background. In the upper left, there are two overlapping geometric shapes: a light green trapezoid and a teal trapezoid below it. These shapes extend towards the right and bottom of the page, creating a modern, abstract design.

2.1 Abordagem legal e normativa

No contexto específico do segmento dos minerais críticos, a maior parte dos países tende a desenhar políticas públicas e planos estratégicos que minimizem os riscos de interrupção de fornecimento em países industrializados e/ou que aproveitem as oportunidades de novos negócios para países produtores. Com isso, novos contornos estratégicos se desenvolvem a partir da estruturação de modelos de negócios para uma economia de baixo carbono e com viés circular.

As políticas públicas para o setor mineral brasileiro encontram-se consolidadas e abordam principalmente a regulação da pesquisa mineral e da lavra, infraestrutura, regime de pagamento e aplicação dos *royalties* (Compensação Financeira pela Exploração Mineral - CFEM), procedimentos para o licenciamento ambiental, bem como prevenção e mitigação de potenciais impactos socioambientais. A mudança na dinâmica das relações entre mineração e atores territoriais, porém, requer atualizações e adaptações nos sistemas regulatórios de modo a abarcar os demais parâmetros de sustentabilidade.

Apesar da regulamentação ser abrangente, o Brasil vivenciou importantes acidentes ambientais envolvendo o setor mineral que evidenciaram a fragilidade da regulamentação e fiscalização dos requisitos socioambientais. As ocorrências resultaram na ampliação e aperfeiçoamento das regulamentações para o gerenciamento de barragens e motivaram o aprofundamento de busca por soluções tecnológicas para monitoramento e substituição de processos.

2.1.1 Impactos sociais e ambientais

A distribuição geográfica e a busca pela segurança no fornecimento são o núcleo da disputa por diferentes recursos naturais em todo o mundo, resultando em conflitos de ordem social, ambiental e política. A concentração de cobalto no Congo, as reservas de gás de *fracking* nos Estados Unidos, ou as reservas de lítio no Chile, são exemplos recentes que motivaram regulamentações mais contundentes para a extração dos respectivos recursos. Por esses motivos, as políticas públicas no setor mineral são fortemente influenciadas pela demanda do mercado e a necessidade de se resguardar preceitos do desenvolvimento sustentável em alinhamento com os princípios da economia circular.

A incerteza geopolítica e a busca por soluções tecnológicas para uma economia de baixo carbono se consolidaram como ingredientes desafiadores para a estruturação de instrumentos regulatórios e normativos consistentes. O Atlas Global para Justiça Ambiental³ aponta que 45% dos conflitos reportados no mundo, sobre a mineração, ocorrem na América Latina resultando em conflitos e gerando desafios para as organizações obterem as licenças sociais para operação.

O Banco Interamericano de Desenvolvimento (IADB⁴) e o *Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development* (IGF⁵) reconhecem que os atuais desafios para a concepção de modelos competitivos de mineração na América Latina estão no fortalecimento das Instituições, na coordenação Interjurisdicional e interministerial, na articulação do papel das municipalidades, na agenda do desenvolvimento territorial e da criação de novos modelos de participação e gestão do território, que se traduzam em benefícios para economias e comunidades locais. Esse reconhecimento da busca dos atores territoriais por sustentabilidade, a garantia da conservação de recursos naturais, e a proteção de valores sociais e da cultura local, são parte dos objetivos para o desenvolvimento sustentável e vêm sendo incorporados ao arcabouço regulatório e a agenda de bancos e agentes financeiros.

Muito embora o setor industrial brasileiro, incluindo a indústria extrativa, responda por apenas 5% das emissões de GEE e as mineradoras estejam empenhadas em atingir o padrão NetZero até 2050, o grande responsável pelas emissões brasileiras são as mudanças no uso do solo, que representaram 46% (em 2020) das emissões totais.

Ainda assim, a expansão da atividade da mineração exerce uma influência indireta. O crescimento da demanda global por esses minerais nem sempre será atendido por aumento de escala de produção das minas já em operação e, portanto, haverá sim a necessidade de se avançar para novas áreas. No caso específico da Amazônia, de acordo com o Instituto Igarapé, as áreas especialmente protegidas respondem por aproximadamente um terço das reservas de minerais críticos do país. Parece haver

3 <https://ejatlas.org/commodity&sa=D&source=docs&ust=1688912279408091&usg=AOvVawOrAIT4AJ57lrXl3f-uxPr2>

4 <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Haciauna-nueva-vision-compartida-sobre-el-sector-extractivo-y-su-rol-en-el-desarrollo-sostenible-de-America-Latina-y-el-Caribe.pdf>

5 <https://www.igfmining.org/country-support/mining-policy-framework/>

um elevado grau de sobreposição entre as atividades de mineração ativas para diferentes categorias de minerais estratégicos e as áreas protegidas em todo o Brasil

Atualmente há uma profusão de protocolos e de guias das agências multilaterais globais e daquelas vinculadas ao próprio setor de mineração que propõe diretrizes, princípios, metas e regras de condutas, entre outros, visando a disseminar a cultura da sustentabilidade no contexto da mineração (Tabela 2). As práticas de ESG e a busca pela implantação dos ODS em regiões mineradoras são ferramentas que as mineradoras vêm adotando para amenizar conflitos e aspirar à sustentabilidade (Enriquez *et al.*, 2022)⁶.

Nessa perspectiva, o Painel de Recursos das Nações Unidas (IRP, 2020) argumenta que é necessário ir além da LSO e transitar para a Licença de Desenvolvimento Sustentável para Operar (LDSO), pois a LDSO estende o conceito de LSO ao abranger em um mesmo escopo questões ambientais, sociais e econômicas que estão no radar dos ODS em suas metas; sendo relevante para todos os atores do setor extrativo nos setores público, privado e da sociedade civil (IRP, 2020)⁷. Ressalta-se no documento que “os verdadeiros benefícios dos recursos minerais dependem de uma estrutura de governança que promova o desenvolvimento sustentável enquanto mitigue as externalidades que acompanham a produção mineral (Coumas, 2019)⁸.

6 ENRIQUEZ, M. A. Contradições do desenvolvimento e o uso da CFEM em Canaã dos Carajás (PA). Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas, 2018. <https://ibase.br/pt/noticias/uso-da-cfem-em-canaa-dos-carajas-pa-e-revelado-em-pesquisa/>.

7 IRP. Mineral Resource Governance in the 21st Century: Gearing extractive industries toward sustainable development. United Nations Environment Programme, 2020. <https://www.resource-panel.org/reports/mineral-resource-governance-21st-century>.

8 COUMAS, C. Minding the “governance gaps”: re-thinkings conceptualizations of host state “weak governance” as re-focoussing on home state governance top preventand remedy harm by multinational mining companies and their subsidiaries. *The Extractive Industries and Society*, v. 6, p. 675-687, 2019. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214790X18302016>.

Tabela 1: Protocolos das Agências Multilaterais visando uma mineração sustentável.

Organização	Documento	Implicação para as Regiões Mineradoras
<i>International Resources Panel</i>	GRI - <i>Global Reporting Initiative</i>	Apresenta padrões a serem seguidos pela indústria mineral
<i>International Resources Panel</i>	<i>Mineral Resource Governance in the 21st Century: Gearing extractive industries towards sustainable development</i>	Propõe a Licença de Desenvolvimento Sustentável para Operar (LDSO)
ONU	Agenda 2030	Estabelece 17 objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) e 169 metas
ONU	<i>Mineral resource governance - Resolution adopted by the United Nations Environment Assembly on 15 March 2019</i>	Estabelece as diretrizes para governança de recursos minerais baseada em: conhecimento, melhores práticas, mecanismos de criação de capacidades, parcerias público-privadas, PD&I e decoupling
AMV	<i>The African Mining Vision</i>	Estabelece princípios e diretrizes para uma mineração inclusiva e, de fato, promova o desenvolvimento
Banco Mundial	<i>The World Bank's Evolutionary Approach to Mining Sector Reform</i>	Sugere que países implementem reformas para melhor aproveitar os benefícios gerados pela mineração, e enfatiza a necessidade do aumento do investimento para promover o desenvolvimento sustentável
IGF	<i>Mining Policy Framework (MPF)</i>	A conversão de capital natural em capital humano é a maior promessa para resultados sustentáveis das atividades de mineração. Trata-se de uma ferramenta de orientação e avaliação de políticas que define as melhores práticas internacionais em seis áreas temáticas
<i>Council on Mining & Metal</i>	<i>Mining Principles</i>	Devido às demandas ambientais, sociais e de gestão da indústria estarem se tornando cada vez mais complexas e, ao mesmo tempo, essenciais, é crucial que as empresas de mineração adotem Mining Principles alinhando às boas práticas de governança corporativas

2.1.2 A regulamentação internacional e alianças estratégicas

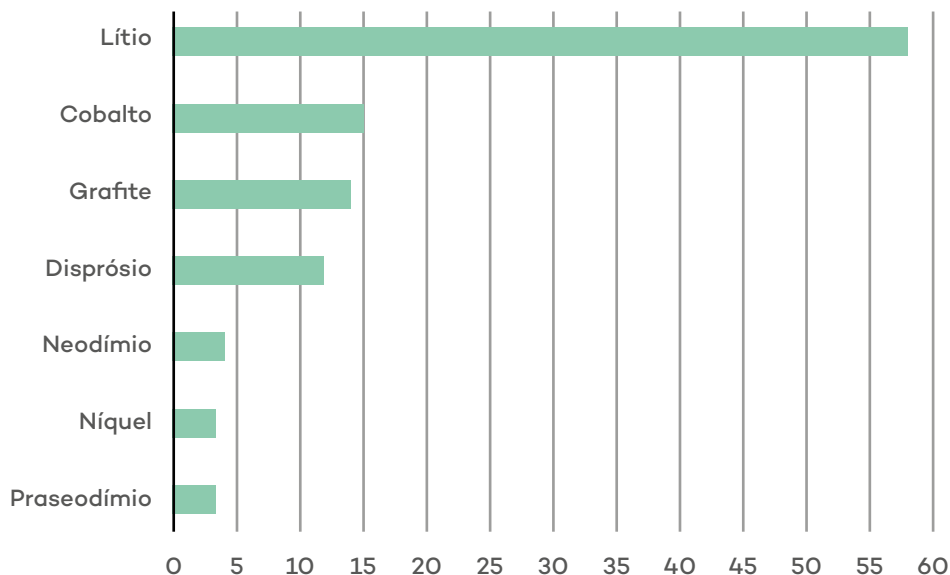
Os países mais industrializados possuem listas de minerais críticos e estratégicos mais extensas, cabe ressaltar a presença da Índia entre os países com mais minerais definidos como críticos, um país que tem apresentado forte crescimento industrial, com ênfase na indústria de eletroeletrônicos, agroindustriais e informática.

O ERA-MIN é um consórcio na forma de rede que contempla a participação Organizações Financiadoras de pesquisa, desenvolvimento e inovação na área de matérias-primas minerais e suas fontes secundárias, com enfoque na economia circular. O objetivo do consórcio ERA-MIN é apoiar financeiramente, por meio de recursos não-reembolsáveis (grants), projetos transnacionais de pesquisa e desenvolvimento e inovação que sejam desenvolvidos de forma conjunta por empresas e ICTs. Em sua 3ª edição, o consórcio disponibilizou €13.6 milhões de euros⁹.

A Comunidade Europeia é a região com maior maturidade de regulação e fomento para a gestão das matérias-primas críticas e se baseia na estimativa do aumento do consumo, com estimativa de aumento de mais de 55 vezes para o lítio (Figura 1). A nova versão 2023 do sistema de regulação, fomento e monitoramento de disponibilidade interna e externa se fortalece na garantia de um abastecimento seguro, diversificado, acessível e sustentável de matérias-primas essenciais. O Brasil é um dos alvos de parcerias com as visitas constantes. Esse novo ato se articula com o Plano Industrial *Green Deal*. O Regulamento estabelece parâmetros claros para as capacidades domésticas ao longo da cadeia estratégica de abastecimento de matérias-primas e para diversificar o abastecimento da União Europeia até 2030. A seguir são descritas ações prioritárias contempladas pelo ato.

⁹ https://www.era-min.eu/sites/default/files/docs/era-min3_call_2023_call_text_v5_2022_12_13.pdf

Figura 1: Estimativa de aumento no consumo de materiais críticos em 2050.



Fonte: Relatório da União Europeia sobre Materiais Críticos em tecnologias e setores, 2020.

A União Europeia lançou em 2008 o *The raw materials initiative – meeting our critical needs for growth and jobs in Europe*¹⁰, primeira política europeia para o tema, que seguiu como uma estratégia integrada com outros países do G8 na busca por garantias de acesso a materiais críticos a preços justos e não distorcidos. O documento continha recomendações para a OMC, com respeito a regras de mercado, ainda destacava a articulação econômica da Índia e da China em investimentos na África, especialmente a China em projetos de infraestrutura no Zâmbia (cobre), República Democrática do Congo (cobre e cobalto), África do Sul (minas de cobre), Zimbábue (platina), além de Gabão, Guiné Equatorial e Camarões (madeira). Apontava como parceiros estratégicos o Brasil, Canadá, China, Índia, Japão, Rússia e EUA¹¹.

Em 2023 a Europa aprovou uma nova regulamentação relativa a baterias, que abrange todo o ciclo de vida das baterias, desde a produção, reutilização e reciclagem.

¹⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52008DC0699&from=RO>

¹¹ <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0699:FIN:en:PDF>

O setor mineral tem movimentado os diálogos em diversos comitês técnicos da Organização Internacional de Normalização (ISO). Dentre os principais comitês relacionados ao setor mineral, pode-se exemplificar o TC 18 sobre zinco e ligas de zinco, estabelecido em 1947 até o TC 333 sobre lítio, estabelecido em 2020 (Tabela 2).

Tabela 2: Comitês Técnicos (TC) da ISO relativos ao setor mineral.

Comitê	Ano	Secretaria	Membros participantes (nº)	Número de normas	
				Publicadas	Em preparação
TC 18 – Zinco e ligas de zinco	1947	Bélgica	14	10	-
TC 26 – Cobre e ligas de cobre	1947	China	14	27	-
TC 79 – Metais leves e ligas	1953	França	15	111	10
TC 102 – Minérios de ferro e seus comitês	1961	Japão	18	81	7
TC 132 – Ferroliga	1969	China	7	69	2
TC 155 – Ligas de níquel	1973	França	9	32	1
TC 183 – Minério de cobre, chumbo, zinco e níquel e concentrados	1983	Austrália	9	32	1
TC 298 – Terras raras	2015	China	14	7	9
TC 333 - Lítio	2020	China	20	-	14

A cronologia da elaboração das normas é um importante indicador da relevância econômica das substâncias e das regiões geográficas que atuam com maior intensidade na normalização. Temáticas como sustentabilidade, rastreabilidade, cadeia de valor e minerais críticos têm ganhado pauta nestes comitês em comitês relacionados ao setor mineral e comitês mais transversais, como, por exemplo:

- TC 82 / SC 7, Mineração sustentável e fechamento de minas;
- TC 207, Gestão ambiental;
- TC 308, Cadeia de custódia;
- TC 323, Economia circular.

Na ABNT o IBRAM coordena a Secretaria do CB-41 – Minérios de Ferro (ABNT), a participação brasileira nos comitês TC 183, que trata das normas sobre Concentrados de Cobre, Chumbo, Zinco e Níquel e no TC 155, Níquel e Ligas de Níquel, além da CEE-220:000.00 – Comissão de Estudo Especial de Elaboração de Projetos para Disposição de Rejeitos e Estéreis em Mineração

Para tratar especificamente dos minerais críticos, foi criado o “*Strategic Advisory Group on Critical Minerals*” (SAG CRMI), estabelecido em 2021, com a liderança da Austrália, e participação de outros 12 países, considerando transversalmente 11 TC - *Technical Committees*. O primeiro mandato, de março de 2021 a abril de 2022, analisou trabalhos existentes e potenciais da ISO em minerais críticos. O segundo mandato, de junho de 2022 a abril de 2023, desenvolveu um guia com uma técnica comum de análise química, investigou a necessidade de mercado para normas relativas à sustentabilidade e minerais críticos, além de investigar a possibilidade de desenvolver um guia para tratar os minerais críticos nas cadeias de valor.

O SAG CRMI apresentou uma definição comum para o termo “minerais críticos”, sendo:

“Um mineral crítico é definido como um mineral essencial ou recurso de base mineral necessário para uma determinada atividade econômica, cujo fornecimento é considerado em risco e cuja ausência teria consequências prejudiciais para uma entidade comercial e para o bem-estar econômico, ambiental, de segurança e social...”



NOTA: Nesta definição, ‘mineral’ inclui elementos metálicos e não metálicos que em muitos casos são compostos ou ligas.

Algumas ações são mecanismos de resposta direta, como implementar sistemas de armazenamento (*stockpiles*), que garantam o fornecimento e que protejam a economia nacional em condições de risco de suprimento e das flutuações dos preços das *commodities* no mercado internacional.

Desde 1939, os EUA promulgaram o *Strategic and Critical Materials Stock Piling Act*, uma lei federal para a aquisição e retenção de estoques de alguns materiais estratégicos e críticos importantes para a segurança nacional.

Em 2021 o plano foi expandido e incluiu os materiais críticos necessários à transição energética. No Japão, o projeto nacional de armazenamento de metais raros foi estabelecido em 1983 como uma cooperação entre o governo e o setor privado, para garantir a segurança dos recursos naturais e a segurança econômica. Na Coreia do Sul, o estoque nacional de minerais críticos será reforçado para 100 dias dos atuais 54, e serão lançados estudos de pré-viabilidade para bases minerais críticas. Em momentos de emergência, as empresas que precisam de determinados recursos serão abastecidas em uma janela de 8 dias por meio de um sistema de distribuição ágil para conter o choque de oferta e demanda.

Também são praticados mecanismos de financiamento público para ampliar as fontes de abastecimento interno por meio de empresas estatais, investimento direto de capital ou programas de compras governamentais projetados para fornecer um comprador garantido para materiais que atendam a determinados critérios. Programas governamentais podem incentivar a inovação e o capital do setor privado a diversificar e expandir as cadeias de materiais críticos. Alguns exemplos são: *United States' Inflation Reduction Act*¹² (IRA), *the European Union's Critical Raw Materials Act* e o *Japan's Economic Security Act*. Essas estruturas regulatórias buscam incentivar cadeias de abastecimento locais ou regionais por meio de créditos fiscais, investimento governamental, regulamentação, incentivo a novos projetos de pesquisa mineral e reservas estratégicas.

Outra estratégia é a diversificação de países fornecedores e os acordos comerciais bilaterais e multilaterais, visando o fortalecimento das cadeias de fornecimento de materiais críticos.

No âmbito do *The European Raw Materials Act*, em julho de 2023, a EU e o Japão assinaram o *Administrative Arrangement on Cooperation in Critical Raw Materials Supply Chains*¹³, que objetiva inovar na gestão de riscos da cadeia de suprimentos e avançar nos temas inovação, reciclagem e circularidade.

12 https://commodityinsights.spglobal.com/energy-transition-global-acquisition-ira-report.html?utm_campaign=q3_2023energytransitionglobalacquisitionadsirareport&utm_content=tax&gclid=CjwKCAjwgZCoBhBnEiwAz35RwlmFTxk-5wdELHVHSzozj32HCEfVbjPS5mku6h1KMp_ZkUd9MWMHFRoCc5sQAvD_BwE

13 https://single-market-economy.ec.europa.eu/news/enhancing-cooperation-japan-critical-raw-materials-supply-chains-through-new-administrative-2023-07-06_en

Outros acordos¹⁴ relevantes sobre materiais críticos fazem parte do Minerals Security Partnership (MSP). Lançado em junho de 2022, é coordenado pelo Departamento Norte Americano (*US Department of State*) e pretende estimular investimentos do governo e do setor privado nos países parceiros - Austrália, Canadá, Finlândia, França, Alemanha, Japão, Coreia do Sul, Suécia, Reino Unido, União Europeia e, mais recentemente, a Índia. O Acordo de Cooperação entre Austrália e Índia sobre ativos de Minerais Críticos e cadeias de suprimento, também de junho de 2022; e mais recentemente, em março de 2023, o Acordo Comercial EUA-Japão sobre minerais críticos para baterias (lítio, níquel, cobalto, grafita e manganês), pensado para ajudar o setor automobilístico e metalúrgico japonês a acessar os benefícios do *The US Inflation Reduction Act* (IRA).

2.1.3 Panorama nacional

O estabelecimento de conflitos bélicos e a pandemia representam conjunturas recentes que alertaram para a importância da proximidade e confiabilidade para o suprimento de insumos. Da mesma forma, a necessidade de diversificação e adaptação de processos produtivos, bem como a substitutibilidade dos materiais ganharam outra dimensão. A matriz energética brasileira, baseada em recursos renováveis e importantes para processos de abatimento de carbono, tem atraído a atenção de potenciais investidores internacionais. O caso mais recente, neste sentido, é o Projeto Hidrogênio Verde¹⁵ que resultará em investimento de R\$ 13 bilhões a ser instalado no Vale do Assu, no Rio Grande do Norte.

No entanto, o financiamento do setor ainda é incipiente e requer o levantamento da demanda para possíveis cenários de instalação de processos industriais especializados para a produção a partir dos minerais críticos e estratégicos. Em 2023 foram distribuídos cerca de R\$ 6,9 bilhões em *royalties* da mineração a estados e municípios brasileiros com produção mineral (IBRAM, 2022)¹⁶. Os estados de Minas Gerais e

¹⁴ <https://www.pwc.com/gx/en/issues/tla/content/PwC-Mine-Report-2023.pdf>

¹⁵ <http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/projeto-de-hidrogenio-verde-no-rn-tera-investimento-de-r-13-bilha-es/571203>

¹⁶ <https://ibram.org.br/publicacoes/page/2/#publication>

Pará receberam cerca de R\$ 3 bilhões e R\$ 2,7 bilhões, respectivamente (ANM, 2023) ¹⁷.

Com um consumo energético estabilizado há uma década em 11% da geração energética brasileira produzida, o setor mineral representa uma participação estimada em 4% do PIB. O faturamento do setor apresentou um crescimento contínuo nos últimos anos, até o ano de 2021, quando sofreu uma redução de 26% em 2022 e mantendo-se estável em 2023. A balança comercial aponta uma estabilidade das movimentações financeiras após o recorde do ano de 2021, mesmo o minério de ferro apresentou redução de cerca de 4% nos volumes exportados.

A variação nos valores das principais *commodities* para os anos de 2020 a 2021, reflete a importância de minerais como bauxita, cobre, minério de ferro e níquel para o país (IBRAM, 2023¹⁸).

Mais recentemente, o Brasil retorna ao cenário internacional, juntamente com o Chile, Argentina, Peru e Bolívia, como país fornecedor de minerais estratégicos para a economia de baixo carbono e indústrias net zero, sendo mais demandado para minérios de cobre, ferro, prata, lítio, alumínio, níquel, manganês e zinco (PNM 2050).

Em uma breve análise, o posicionamento de competição por minerais críticos e estratégicos entre China e Estados Unidos e a consolidação de países latino-americanos como importantes mineradores e produtores de cobre (Chile), lítio (Chile, Argentina) no cenário internacional, passam a exigir um posicionamento do Brasil quanto às estratégias de médio e longo prazo.

As expressivas reservas de nióbio e grafite natural¹⁹ ainda exigem o desenvolvimento de soluções tecnológicas mais complexas para a aplicação desses materiais.

17 <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZDA5NGMyYmYtOWQyMi00NzA1LWFhOTQtNmU5NjE5YmYtMTI3ZDMxliwidCI6ImEzMDgzZTlxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiO-CJ9&pageName=ReportSection7a43f884dc43352e5953>

18 <https://ibram.org.br/mineracao-em-numeros/>

19 <https://www.statista.com/statistics/267367/reserves-of-graphite-by-country/>

2.1.4 Avanço do marco regulatório mineral no Brasil

O Plano Nacional de Mineração brasileiro 2030 chama a atenção sobre o processo de especialização reversa da pauta de exportações. A proeminência dos bens primários em detrimento de bens de alta tecnologia vem se intensificando ao longo dos anos, trazendo como principal desafio para a Política Mineral Brasileira (PMB) propor alterações na estrutura produtiva do setor mineral, adensando as cadeias produtivas, “a fim de gerar maior nível de emprego e renda, buscando excelência no suprimento doméstico e uma inserção maior e mais competitiva no mercado mundial” (PNM 2030).

O PNM 2030, lançado em 2011, apresentou uma visão de futuro promissora para o Brasil e para o setor mineral brasileiro. No Plano, o Cenário A de base da evolução da economia brasileira, “**Na Trilha da Sustentabilidade**”, previa um crescimento anual de 5,1% do PIB nos 20 anos seguintes. Passados 13 anos, a realidade mostrou-se inferior ao pior cenário, o Cenário D, “Ameaça de Estagnação”, o qual tinha como previsão o crescimento anual de 2,2%. Com efeito, o crescimento anual médio do PIB brasileiro no período 2011-2022 foi de apenas 0,8%, calculados com base nos dados do IBGE.

O PNM 2030 apontou seus 11 Objetivos Estratégicos e as ações com base em três diretrizes, a saber:

- i. governança pública eficaz,
- ii. agregação de valor e adensamento do conhecimento por todas as etapas do setor mineral, e
- iii. sustentabilidade.

A questão dos minerais estratégicos aparece explicitamente no Objetivo Estratégico 5: “Estabelecer Diretrizes para Minerais Estratégicos”. Neste Objetivo são definidas sete ações, quais sejam:

1. Realização de levantamento geológico, pela CPRM, de áreas potenciais para minerais estratégicos carentes e portadores do futuro.
2. Apoio à pesquisa mineral e ao fomento para abertura de novas minas em áreas com presença de potássio, fosfato e minerais portadores de futuro.

3. Promoção de estudos das cadeias produtivas desses minerais, visando à agregação de valor com competitividade nos seus diversos elos.
4. Articulação MME com MCTI para desenvolver estudos geológicos com objetivo de ampliar as reservas de urânio do País.
5. Criação de Grupos de Trabalho para acompanhamento de bens minerais estratégicos, com enfoque nas oportunidades e ameaças do mercado internacional.
6. Articulação interministerial visando:
 - i. estabelecimento de políticas de incentivo às inovações tecnológicas em fertilizantes de maior eficiência agrônômica e mais adequados ao solo brasileiro, que elevem a competitividade da fabricação nacional de fertilizantes;
 - ii. promoção do uso de calcário agrícola e outros agrominerais para correção de acidez do solo;
 - iii. aplicação da rochagem como fonte alternativa de nutrientes, especialmente na agricultura familiar, e
 - iv. promoção da utilização do fosfogesso.
7. Articulação interministerial com o setor produtivo para elaboração de programas de longo prazo voltados aos minerais portadores de futuro, objetivando a interação entre ICTs e empresas, para identificação de nichos competitivos de atuação.

Os novos desafios se concentrariam, segundo a minuta do PNM 2050, na forma como o país enfrentará questões relacionadas à sustentabilidade, à governança regulatória do setor; à ampliação do investimento em pesquisa mineral; e à consolidação das cadeias de valor dos minerais e metais para transição energética.

Com respeito à cadeia de valor, a promoção da competitividade e dos investimentos privados, de maneira mais ampla, serão os impulsionadores do desenvolvimento da indústria mineral em suas diferentes etapas.

Tabela 3: Análise comparativa PNM 2030 e minuta da PNM 2050.

PNM 2030	PNM 2050
Estabelece objetivos estratégicos e ações para o desenvolvimento do setor mineral brasileiro	Apresenta desafios e diretrizes de política, orientando a ação governamental (Decreto nº 11.108/2022 - agenda estratégica de longo prazo)
<p>DIRETRIZES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Assegurar a governança pública • Agregação de valor e adensamento de conhecimento • Sustentabilidade 	<p>PILARES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aproveitamento dos recursos minerais • Competitividade e investimentos • Ampliação das pesquisas e levantamento geológico • Atualização do arcabouço legal • Sustentabilidade (economia circular e mineração urbana)
<p>O PNM de 2030 inclui os minerais estratégicos segundo três definições:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bem mineral do qual o Brasil depende de importação em alto percentual para o suprimento de setores vitais de sua economia • minerais que deverão crescer em importância nas próximas décadas por sua aplicação em produtos de alta tecnologia • recursos minerais que apresentem vantagens comparativas para o país, essenciais para sua economia pela geração de divisas 	<p>O PNM 2050 cita o conceito de minerais críticos pela primeira vez.</p> <p>“matérias-primas podem ser definidas como “críticas” por serem vitais para o bem-estar econômico dos países desenvolvidos e emergentes e, ao mesmo tempo, propiciar incertezas em seus mercados.”</p>
<p>Com base nesses critérios, o Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos (CTAPME), criado no âmbito da Política Pró-Minerais Estratégicos (Decreto nº 10.657, de 24 de março de 2021), definiu em sua Resolução nº 2/2021 a lista dos minerais atualmente considerados estratégicos para o país.</p>	<p>Constrói-se o entendimento que a definição de minerais críticos e estratégicos varia entre países e está associada a fatores conjunturais. Requerendo uma lista dinâmica, com atualizações periódicas, que devem considerar fatores como novas descobertas minerais, geopolítica, tendências e políticas do comércio mineral, avanços na mineração, processamento mineral, tecnologias extrativistas de minérios e resíduos, vulnerabilidades e segurança nacional</p>

É nesse contexto que surgem avanços no quadro regulatório do setor e os principais resultados podem ser resumidos nos seguintes pontos²⁰:

- Criação e instalação da Agência Nacional de Mineração - ANM (Lei n.º 13.575/2017) e implementação da Agenda Regulatória da Agência, o que permite o aumento da eficiência do processo regulatório da ANM, trazendo transparência e maior previsibilidade e segurança ao setor regulado e à sociedade
- Publicação do Decreto n.º 9406/2018, que enfim regulamenta o Decreto-Lei n.º 227/1967 (Código de Mineração), e seus atos normativos complementares. As Leis n.º 6.567/1978 (regime especial para exploração e o aproveitamento das substâncias minerais), 7.805/1989 (regime de permissão de lavra garimpeira), e parte da Lei n.º 13.575/2017 (cria a ANM).
- Atualização da Legislação da CFEM (Lei n.º 13.540/2017), aperfeiçoando os critérios de cobrança e distribuição e revisão da base de cálculo em face da evolução e das mudanças conjunturais do setor.
- Decreto n.º 11.108/2022, que instituiu a Política Mineral Brasileira e criou o Conselho Nacional de Política Mineral (CNPM).
- Ampliação do conhecimento geológico e de recursos minerais no território nacional (área emersa) para: (i) 48% mapeados na escala 1:250.000; (ii) 26% mapeados na escala 1:100.000; (iii) levantamentos aerogeofísico alcançando um total de 90% do escudo cristalino, representando cerca de 35% de todo território continental.
- Publicação de levantamentos geofísicos com foco em minerais estratégicos: (i) Levantamentos para lítio, grafita, fosfato, potássio e terras raras; (ii) Avaliação do potencial de agrominerais no Brasil; (iii) Avaliação do potencial de cobalto no Brasil, e (iv) Avaliação do potencial de minerais radioativos no Brasil.
- Elaboração do Programa Urânio Brasil, com o objetivo de impulsionar a exploração do mineral no país.
- Publicação do Decreto n.º 10.657/2021, que criou a Política Pró-Minerais Estratégicos e o Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos.

20 https://antigo.mme.gov.br/documents/404993/3497915/Plano_Nacional_de_Minera__o_2050.pdf/deaa585a-197a-f5e6-f347-b12d65ea878b?version=1.0

- Resolução MME nº 2 de 2021, que define a relação de minerais estratégicos para o país.
- Publicação do Decreto nº 10.746/2021, que instituiu a Política de Ciência, Tecnologia e Inovação de Materiais Avançados e o Comitê Gestor de Materiais Avançados.
- Inserção da atividade de mineração no Plano Nacional de Fertilizantes 2022-2050.
- Mineração em faixa de fronteira: encaminhamento à Casa Civil de proposta de PL que simplifica os critérios de acesso das empresas de mineração às áreas localizadas em faixa de fronteira.
- Mineração em Terra Indígena²¹: envio, ao Congresso Nacional, do Projeto de Lei nº 191/2020, que regulamenta o § 1º do art. 176 e o § 3º do art. 231 da Constituição para estabelecer as condições específicas para a realização da pesquisa e da lavra de recursos minerais e hidrocarbonetos e para o aproveitamento de recursos hídricos para geração de energia elétrica em terras indígenas e institui a indenização pela restrição do usufruto de terras indígenas.
- Destinação da parcela equivalente a 1,8% da CFEM para o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/MCTI), para a realização de pesquisas, estudos e projetos de tratamento, beneficiamento e industrialização de bens minerais (Lei nº 13.540/2017)
- Desenvolvimento de projetos em parceria com a EMBRAPA e com o CETEM nas áreas de agrominerais e resíduos eletroeletrônicos

A publicação do Decreto nº 10.657 de 2021, que estabeleceu a Política Pró-Minerais Estratégicos no Brasil, inaugurando um novo espaço ao incentivar a apresentação de novos projetos de exploração baseados nos requisitos da legislação ambiental, bem como estabelecer, juntamente, com a Resolução nº 2 de 2021²², do Ministério de Minas e Energia, os critérios e a listagem dos minerais estratégicos.

21 O Brasil é signatário da Convenção nº 169 da Organização Internacional do Trabalho sobre os povos indígenas e tribais em países independentes. Incorporou a Convenção por meio do Decreto Legislativo nº 143/2002 e pelo Decreto Federal 10.088/2019, anexo LXXII, no entanto, ambos se encontram pendentes de ratificação.

22 <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-2-de-18-de-junho-de-2021-327352416> 2/2

Cabe mencionar que o Decreto no 11.419, de 24 de fevereiro de 2023 (que alterou o Decreto nº 11.108 de 2022) institui a Política Mineral Brasileira (PMB) e o Conselho Nacional de Política Mineral (CNPM). A PMB é formada por 12 princípios norteadores e tem como instrumento de planejamento de médio e longo prazo o Plano Nacional de Mineração, com horizonte de até 30 anos; e de curto prazo, o Plano de Metas e Ações, com horizonte de até seis anos.

A PMB é voltada para a mineração em geral, não apresentando o Decreto nenhuma referência aos minerais estratégicos. É competência do CNPM, entre outras, estabelecer as prioridades da PMB e definir as diretrizes para os dois Planos. O MME anunciou que o CNPM deverá ser instalado em breve. O Conselho poderá ter um papel fundamental para o estabelecimento de diretrizes específicas para os minerais estratégicos e/ou críticos. O CNPM conta com representantes de 17 ministérios, do SGB-CPRM e representantes dos estados e municípios, da comunidade de ensino e pesquisa, mas não tem representante do setor produtivo.

A análise dos conceitos revela ainda a aderência da definição brasileira em relação aos instrumentos regulamentadores internacionais. O Decreto 10.657 de 2021 estabelece os requisitos para a habilitação de projetos de investimento para a produção de minerais estratégicos (Pró-Minerais Estratégicos). Como está instituída, a Política Pró-Minerais Estratégicos depende do funcionamento do Programa de Parcerias de Investimentos (PPI), criado pela Lei nº 13.334 de 2016 com o objetivo de ampliar contratos entre o Estado e o capital privado, atualmente no âmbito da Casa Civil, por meio da Secretaria Especial do Programa de Parcerias de Investimentos.

Os projetos qualificados no PPI são tratados com prioridade nacional e os órgãos e entidades envolvidos atuam para que os processos e atos necessários à estruturação, liberação e execução dos projetos sejam facilitados. São objetivos do PPI:

- i.** Ampliar as oportunidades de investimento e emprego e estimular o desenvolvimento tecnológico e industrial, em harmonia com as metas de desenvolvimento social e econômico do País;
- ii.** Garantir a expansão com qualidade da infraestrutura pública, com tarifas adequadas aos usuários;
- iii.** Promover ampla e justa competição na celebração das parcerias e na prestação dos serviços;

- iv.** Assegurar a estabilidade e a segurança jurídica dos contratos, com a garantia da mínima intervenção nos negócios e investimentos;
- v.** Fortalecer o papel regulador do Estado e a autonomia das entidades estatais de regulação.

O decreto se apresenta com a intenção de promover a articulação entre os órgãos públicos para apoiar a exploração dos recursos minerais e, conseqüentemente, incentivar o desenvolvimento do país, e criou o Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos (CTAPME), ao qual cabe definir quais os projetos são considerados importantes para ampliação da produção de minerais estratégicos.

O CTAPME deve deliberar sobre o projeto com base no bem mineral a ser produzido, se é considerado estratégico, e na existência de barreiras ao licenciamento ambiental passíveis de serem dirimida, sendo também responsável pela inclusão ou exclusão de minerais na listagem brasileira dos minerais estratégicos (Resolução nº 2 de 2021)²³.

A lista delimita o conjunto de materiais ou minerais que contribuem para a economia a partir do desenvolvimento tecnológico e industrial do país. Uma parte significativa dos minerais estratégicos definidos na resolução é apontada pela maioria dos países analisados como base para a transição energética.

Materiais como lítio, grafita, nióbio e minérios de terras raras, dentre outros, são exemplos de materiais considerados críticos ou estratégicos, a depender do país que classifica, para uma economia de baixo carbono e para os quais o Brasil detém dotação mineral, bem como maturidade das cadeias de suprimento. De acordo com a resolução, são critérios para a inclusão na listagem de minerais estratégicos para o País:

23 Resolução nº 2 CTAPME/SGM/MME de 2021. <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-lanca-relatorio-anual-do-comite-interministerial-de-analise-de-projetos-de-minerais-estrategicos/resolucao2CTAPME.pdf>

Tabela 4: Categorias de Minerais Estratégicos definidos pela Política Pró-Minerais Estratégicos

I) Bens minerais dos quais o país depende de importação em alto percentual para o suprimento de setores vitais da economia			
Enxofre	Fosfato	Molibdênio	Potássio
II) Bens minerais que têm importância pela sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia			
Cobalto	Cobre	Estanho	Grafita
Grupo de Platina	Lítio	Nióbio	Níquel
Silício	Tálio	Tântalo	Terras Raras
Titânio	Tungstênio	Urânio	Vanádio
III) Bens minerais que detêm vantagens comparativas e que são essenciais para a economia pela geração de superávit da balança comercial do país			
Alumínio	Cobre	Ferro	Grafita
Manganês	Nióbio	Ouro	Urânio

Fonte: Adaptado a partir da Resolução nº 2 CTAPME/SGM/MME de 20218.

O CATAPME avaliou 26 projetos, habilitando 19. São projetos que somados representam R\$ 68 bilhões em investimentos, com o minério de ferro, com três projetos, na liderança com 17,6%. Os projetos respondem por uma área de 129 mil há, majoritariamente (73,6%) localizada na Amazônia, segundo o relatório.

As Tabelas 5 e 6 mostram dados e informações sobre os 19 projetos habilitados, possibilitando algumas observações:

- 12 projetos (63%) são associados a substâncias minerais da categoria III, importantes para o saldo comercial, incluindo os dois projetos de cobre nesta categoria; 4 projetos (21%) associados à produção de minerais tecnológicos ou de transição energética (categoria II); e somente 3 projetos (16%) para os de alta dependência externa (categoria I).
- Verifica-se também que 12 projetos (63%) são de empresas que têm sua matriz ou sede no exterior.
- Apenas três dos projetos (16%) preveem a comercialização dos produtos internamente, notoriamente aqueles da categoria I, de uso na agricultura, de alta dependência de importação, enquanto 16 projetos (84%) se dirigem à exportação.
- Nove dos projetos habilitados estão localizados no Estado do Pará e 6 em Minas Gerais, os dois principais estados na mineração brasileira.

Tabela 5: Projetos Habilitados pelo CTAPME.

Nº	UF	Projeto	Empresa	País sede	Produto Final	Comércio
1	MG	Bloco 8	Sul Americana de Metais	China	● Minério de Ferro	Externo
2	AM	Potássio Autazes	Potássio do Brasil	Canadá	● Granulado de KCl	Interno
3	PA	Mina do Alemão	VALE	Brasil	● Concentrado de Cobre	Externo
4	PA	Mina N3	VALE	Brasil	● Minério de Ferro	Externo
5	PA	N1 e N2	VALE	Brasil	● Minério de Ferro	Externo
6	RS	Três Estradas	Águia Fertilizantes	Austrália	● Calcário Agrícola e Concentrado de Fosfato	Interno
7	PA	Volta Grande	Belo Sun Mineração	Canadá	● Bullion de Ouro	Interno
8	CE	Santa Quitéria	Indústrias Nucleares do Brasil	Brasil	● Fertilizante Fosfatado e Fosfato Bicálcico ● Concentrado de Urânio	Interno (P) Externo (U)
9	AP	Mina Tucano	Mina Tucano	Canadá	● Bullion de Ouro	Externo
10	RS	Retiro	Rio Grande Mineração	Brasil	● Concentrado de Ilmenita, Granada, Rutilo e Zirconita	Interno (Ti) Externo (Zr)
11	PA	Projeto Sereno	Grupo RMB	Brasil	● Argilominerais, Briquetes, Óxido e Sulfato de Manganês e Nitrato de Cobre	Externo
12	PA	Boa Esperança	Mineração Caraíba	Canadá	● Concentrado de Cobre	Externo
13	PA	Projeto Jaguar	Centaurus Níquel	Austrália	● Composto Metálico com Zn, Co e Sulfato de Ni	Externo
14	PA	Pantera	OZ Minerai	Austrália	● Concentrado de Cobre	Externo
15	PA	Novas Minas	Mineração Rio do Norte	Brasil	● Bauxita	Externo
16	PA	Luanga	BPGM Mineração	Canadá	● Concentrado Polimetálico	Externo
17	MA	Centro Gold	MCT Mineração	Austrália	● Bullion de Ouro	Externo
18	PA	Araguaia	Araguaia Níquel Metais	Reino Unido	● Liga FeNi	Externo
19	RN	Borborema	Cascar BrasilMineração	Austrália	● Bullion de Ouro	Externo

- Bens minerais dos quais o país depende de importação em alto percentual para o suprimento de setores vitais da economia.
- Bens minerais que têm importância pela sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia, importantes por sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia.
- Bens minerais que detêm vantagens comparativas e que são essenciais para a economia pela geração de superávit da balança comercial do país.

Fontes: Relatórios do CATME/SNGM/MME.

Tabela 6: Projetos Habilitados pelo CTAPME: Investimentos e Produção.

Nº	UF	Projeto	Investimento (R\$ milhões)	Produção Bruta (KT)	Produção Beneficiada (KT)	Tipologia Mineral
1	MG	Bloco 8	10521	ND	27500	●
2	AM	Potássio Autazes	10.000	8.000	2.100	●
3	PA	Mina do Alemão	10.020	3.640	230	●
4	PA	Mina N3	390	6.000	ND	●
5	PA	N1 e N2	ND	40.000	ND	●
6	RS	Três Estradas	92.000	ND	300	●
7	PA	Volta Grande	1.800	3.160	5,0 tAu	●
8	CE	Santa Quitéria	2.300	3.900	1.270 (fosfato) 2,3 (urânio)	●
9	AP	Mina Tucano	ND	ND	4	●
10	RS	Retiro	1.204	2.500	347 (ilmerite) 4,5 (rutilo) 46 (zirconita)	●
11	PA	Projeto Sereno	243	1.002	60	●
12	PA	Boa Esperança	2.004	4.000	45	●
13	PA	Projeto Jaguar	2.550	2.700	20	●
14	PA	Pantera	8.806	800	22	●
15	PA	Novas Minas	8.510	12.449	7,5	●
16	PA	Luanga	1.002	2.500	15,5	●
17	MA	Centro Gold	800	2.500	3,0 tAu	●
18	PA	Araguaia	2.525	900	14,5	●
19	RN	Borborema	500	2.000	2,0 tAu	●

- Bens minerais dos quais o país depende de importação em alto percentual para o suprimento de setores vitais da economia.
- Bens minerais que têm importância pela sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia, importantes por sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia.
- Bens minerais que detêm vantagens comparativas e que são essenciais para a economia pela geração de superávit da balança comercial do país.

Fontes: Relatórios do CATME/SNGM/MME.



O Projeto Araguaia, por exemplo, na 18ª posição na Tabela 6, localiza-se a 40 km do município de Conceição do Araguaia-PA e foi habilitado pelo CTAPME em 20 de setembro de 2022. Trata-se de uma mina a céu aberto para a exploração de níquel laterítico junto com a planta industrial de metalurgia para a produção da liga ferroníquel. O objetivo do projeto é alcançar uma capacidade total de aproximadamente 900 mil toneladas de minério seco por ano para produzir 52 mil toneladas de ferroníquel (contendo 14,5 mil toneladas de níquel), que será transportado por rodovia para o porto de Vila do Conde, ao norte do Pará, para ser exportado.

O Projeto Bloco 8, outro exemplo, da empresa Sul-Americana de Metais, localizado no Norte de Minas Gerais, objetiva produção de minério de ferro (categoria III), que será transportado por um mineroduto de 482 km até o Porto Sul em Ilhéus na Bahia, de onde será exportado. O projeto foi habilitado pelo CTAPME e com o acompanhamento da SEPMI houve a priorização para a resolução dos entraves junto à ANM, que aprovou seu Plano Integrado de Aproveitamento Econômico.

A expressão do perfil exportador da mineração a partir da análise dos projetos habilitados também pode ser observada no Decreto nº 11.120 de julho de 2022 que estabeleceu permissão para operações no comércio exterior de minerais e minérios de lítio e de seus derivados. Considerando os novos circuitos produtivos que vêm sendo estabelecidos mundialmente no processo da transição energética, o objetivo do decreto é promover a abertura do mercado e inserir o país na base da cadeia produtiva de lítio.

Sobre a avaliação da Política Pró-Minerais Estratégicos, o próprio CTAPME realizou em abril-maio de 2023 uma série de reuniões com representantes de 18 das 19 empresas habilitadas. No balanço feito pelo CTAPME junto às empresas, no relatório de atualização de setembro de 2023, constatou-se que, após dois anos, o principal entrave para as mineradoras conseguirem implementar seus projetos é originada, parte, em Ação Civil Pública proposta pelo Ministério Público e, parte, em órgãos intervenientes que precisam dar autorizações e anuências para o prosseguimento do trâmite do processo ambiental, como o IPHAN, Fundação Palmares, INCRA, entre outras.

Foram verificadas pendências em 61 órgãos federais e 23 estaduais, bem como 7 ações civis públicas. Destaca-se que parte desses órgãos intervenientes são federais, enquanto o órgão ambiental, na maioria dos casos, é estadual, o que dificulta a comunicação e articulação entre eles. Ainda assim, uma conclusão é que a maioria dos projetos habilitados teve algum tipo de ganho com a articulação institucional, ou seja, os representantes de 18 empresas afirmaram, segundo o relatório, que houve evolução no

trâmite dos processos de licenciamento ambiental, especialmente nos órgãos intervenientes da esfera federal.

A análise dos instrumentos componentes da Política Nacional Pró-Minerais Estratégicos indica que as medidas normativas e institucionais apontam majoritariamente no sentido de viabilizar a maior celeridade nos projetos.

OPNM 2030 e a minuta do PNM 20250 convergem no apontamento para a necessidade de ampliar o levantamento geológico e o fomento à abertura de novas minas e na direção do fortalecimento das cadeias produtivas dos minerais estratégicos e agregação de valor nas cadeias produtivas. Os Planos, todavia, não demonstram com clareza como tais diretrizes se alinham com um projeto nacional mais amplo, que defina alternativas às formas de inserção do Brasil no cenário internacional de oferta e demanda de bens minerais fundamentais à transição energética e às novas tendências tecnológicas em curso.

O PPI, Programa de Parcerias de Investimentos, se propõe a ampliar as oportunidades de investimento e estimular o desenvolvimento tecnológico e industrial e viabilizar a celebração das parcerias público-privadas na oferta de infraestrutura e prestação dos serviços. O Programa tem entre seus objetivos assegurar a estabilidade e a segurança jurídica dos contratos.

Em alinhamento com o PPI, o Decreto nº 10.657/2021 tem como finalidade principal viabilizar a articulação entre os órgãos públicos para a obtenção de licenças ambientais, visando a garantir maior segurança jurídica e celeridade para os investidores. Não obstante, contraditoriamente, a tentativa de acelerar o processo de licenciamento ambiental pode ampliar o risco potencial de agravamento de impactos e conflitos decorrentes da implementação de projetos. Caso as etapas de Avaliação de Impacto Ambiental e de atendimento das condicionantes das licenças ambientais sejam negligenciadas ou tenham seu adequado atendimento prejudicado pela pressão por maior celeridade, a própria segurança jurídica do projeto pode ser comprometida por potenciais intervenções de Ministério Público, por meio de ações coletivas e outras formas de representação das populações eventualmente afetadas pelos empreendimentos. Neste potencial cenário a bem conhecida licença social para operar junto às comunidades poderia ficar prejudicada.

Neste sentido, cabe um olhar crítico também sobre os critérios de enquadramento de projetos, empregados pelo CTAPME, com base no Decreto nº 10.657/2021. Além dos critérios baseados na dependência de importação, no potencial da aplicação em produtos de alta tecnologia e nas vantagens comparativas para geração de superávit comercial para o país,

outros requisitos de seleção podem vir a ser debatidos para garantir o adequado enquadramento dos projetos e evitar distorções no uso desse instrumento, garantindo maior segurança jurídica e reduzindo os riscos de conflitos judiciais.

Finalizando, tendo em conta que atualmente 24 minerais estão na lista de estratégicos, parece ser do interesse nacional uma análise técnica que possibilite classificar os projetos habilitados em, por exemplo, três níveis de prioridade. Alguns critérios e métricas possíveis para a avaliação do enquadramento dos projetos podem ser discutidos e, eventualmente, incorporados. Entre eles estão elencados alguns a seguir, que podem ser considerados para uma priorização dos projetos:

- O projeto apresentar a previsão de pelo menos uma etapa de transformação mineral ou mostrar a intenção de outra(s) empresa(s) na cadeia de utilizar o produto mineral como insumo;
- O projeto apresentar indicação quantitativa de que será uma operação de alto padrão ambiental (redução da pegada de carbono e de água);
- O projeto apresentar indicações de alto padrão de relacionamento com a comunidade (a busca da “licença social para operar”);
- O projeto demonstrar haver interação ou parceria com ICTs e universidades brasileiras para adaptação/transferência tecnológica e/ou desenvolvimento tecnológico aqui no País.

Para as três categorias de minerais estratégicos, seguem algumas sugestões que podem levar a uma priorização no apoio aos projetos:

- Na categoria I, podem ser consideradas, além do percentual de dependência externa, as métricas de valor da importação (US\$) e a importância econômica do setor importador, o quanto ele é mesmo vital para a economia, com base no PIB setorial, tamanho do mercado interno e/ou número de empregos;
- Na categoria II, pode se considerar o uso do bem mineral na cadeia de produção em tecnologias avançadas e tecnologias para a transição energética. Isso porque o produto mineral do projeto, eventualmente, só pode ser usado em segmentos que não são estratégicos;
- Na categoria III, pode se considerar um conjunto de indicadores tais como: a participação percentual do país nas reservas, na produção e no mercado global do bem mineral em questão, e a importância do

projeto em si para a participação brasileira, bem como explicitar o valor previsto das exportações.

A geologia básica gera novas informações, permitindo que novas potencialidades mineiras sejam descobertas, identificadas ou caracterizadas. Tem valor fundamental no comportamento dos dados obtidos pelo setor mineral, tanto em termos de toneladas produzidas quanto de recursos financeiros obtidos e mesmo de empregos gerados pela cadeia produtiva. E os Serviços Geológicos têm papel fundamental nesta recomposição de desempenho, pois são as instituições que geram informações básicas para atrair a iniciativa privada ²⁴.

Norteados pelo PNM 2030, sem que tenha sido aprovado um novo marco regulatório da mineração que revogasse o Código de Mineração vigente até hoje, mudanças pontuais importantes ocorreram na legislação que impactam as grandes *commodities*. Dentre as alterações ocorridas, destacam-se: (i) a extinção do Departamento Nacional da Produção Mineral, (ii) a criação do Conselho Nacional de Política Mineral e da Agência Nacional da Mineração (ANM), e (iii) a alteração da alíquota e base de cálculo da CFEM. De acordo com dados do IBRAM (2022), o equivalente a 48% dos municípios brasileiros, ou seja, 2.699 cidades contribuíram para a arrecadação da CFEM no país a partir da atuação de mais de 7.300 empresas e microempreendedores individuais em 2022. Neste mesmo ano foram produzidas 91 tipologias minerais, contabilizados mais de 204 mil empregos diretos e mais 2,25 milhões de empregos ao longo da cadeia de valor.

Os sistemas de legislação estadual, municipal e especial a nível federal complementam o marco regulatório. Mesmo não havendo mudança significativa no texto da lei (Código de Mineração), a norma infralegal (o Regulamento do Código de Mineração) sofreu alterações importantes que entraram em vigor em 2018.

Os programas e iniciativas governamentais de fomento à mineração podem ser entendidos como práticas de regulação que transcendem os sistemas mais perenes de regulação legal e legislativa. As principais organizações de fomento do país são o Serviço Geológico Brasileiro (SGB), Universidade e Centro de Pesquisa financiados para pesquisas e/ou contratados como operadores por exemplo da SGB, Finep, CNPq, CGEE, Ministérios e Secretarias de Estado.

24 <https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/21674/1/servicos%20geologicos%20sintese.pdf>

No início de 2024 o Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial (CNDI) lançou o documento Nova Indústria Brasil (NIB, 2024)²⁵, o plano brasileiro para o desenvolvimento da indústria nacional até 2033. O plano tem como premissa a neoindustrialização e contribui para a consolidação de ações integradas para o fortalecimento da indústria nacional e a implementação da transição ecológica e energética por meio de ações que aumentem a competitividade e a produtividade. Para tanto, o plano tem como base ações voltadas para a sustentabilidade e inovação e propõe 41 projetos, sendo estruturado nas seguintes missões²⁶:



- **Missão 1:** Cadeias agroindustriais sustentáveis e digitais para a segurança alimentar, nutricional e energética
- **Missão 2:** Complexo econômico industrial da saúde resiliente para reduzir as vulnerabilidades do SUS e ampliar o acesso à saúde
- **Missão 3:** Infraestrutura, saneamento, moradia e mobilidade sustentáveis para a integração produtiva e o bem-estar nas cidades
- **Missão 4:** Transformação Digital da indústria para ampliar a produtividade
- **Missão 5:** Bioeconomia, descarbonização e transição e segurança energéticas para garantir os recursos para as gerações futuras
- **Missão 6:** Tecnologias de interesse para a soberania e defesa nacionais

Estão previstas linhas de financiamento para ações alinhadas às missões. Para a Missão 1 está previsto investimento prioritário, em modalidade não reembolsável para, entre outros tópicos, apoiar a redução da dependência de fertilizantes e defensivos agrícolas

²⁵ <https://www.gov.br/mdic/pt-br/composicao/se/cndi/plano-de-acao/nova-industria-brasil-plano-de-acao.pdf>

²⁶ <https://www.gov.br/mdic/pt-br/composicao/se/cndi/missoes>

A agregação de valor sobre os recursos minerais brasileiros consta como desafio a ser enfrentado na Missão 3, juntamente com a formação e qualificação de mão de obra, ampliar oferta de insumos específicos a partir da produção nacional e reforça, entre outros pontos, a importância de redução da dependência da importação destacando insumos para a cadeia produtiva da mobilidade.

Recursos não reembolsáveis também estão previstos para a Missão 3 e a Missão 4, destacando a preferência para o estímulo à produção de minerais estratégicos e materiais avançados no país. Da mesma forma, na Missão 5 destaca-se a importância da expansão da capacidade de exploração e produção nacional de materiais e minerais críticos, também amparado por recursos não reembolsáveis.

Tabela 7: Regulamentação nacional do setor de energia e de interesse para a indústria mineral.

ENERGIA		
	Lei nº 9.993 de 24 de julho de 2000	Destina recursos da compensação financeira pela utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e pela exploração de recursos minerais para o setor de ciência e tecnologia.
	Resolução nº 2 de 10 de fevereiro de 2021	Estabelece orientações sobre pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor de energia no País, priorizando: (I) hidrogênio; (II) energia nuclear; (III) biocombustíveis; (IV) armazenamento de energia; (V) tecnologias para a geração termelétrica sustentável; (VI) transformação digital; e (VII) minerais estratégicos para o setor energético.
	Lei nº 14.300 de 6 de janeiro de 2022	Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS)
	Resolução MME nº 4 de março de 2023	Institui o Programa Nacional de hidrogênio, cria o Comitê Gestor do Programa e dá outras providências.

ESTRUTURAÇÃO DO SETOR MINERAL	Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017	Cria a Agência Nacional de Mineração (ANM); extingue o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).
	Lei nº 13.540, de 18 de dezembro de 2017	Altera as Leis nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e 8.001, de 13 de março de 1990, para dispor sobre a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM)
	Resolução ANM nº 13, 8 de agosto de 2019	Estabelece medidas regulatórias objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração.
	Resolução MME nº 2 de 18 de junho de 2021	Define a relação de minerais estratégicos para o País, de acordo com os critérios que trata o artigo 2º do
	Decreto nº 10.657 de 24 de março de 2021	Institui a Política de Apoio ao Licenciamento Ambiental de Projetos de Investimentos para a Produção de Minerais Estratégicos - Pró-Minerais Estratégicos, dispõe sobre sua qualificação no âmbito do Programa de Parcerias de Investimentos da Presidência da República e institui o Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos.
	Resolução ANM nº 68, de 30 de abril de 2021	Dispõe sobre as regras referentes ao Plano de Fechamento de Mina – PFM.
	Decreto nº 11.108 de 29 de junho de 2022	Institui a Política Mineral Brasileira e o Conselho Nacional de Política Mineral. Alterado pelo Decreto nº 11.419, de 24 de fevereiro de 2023
	Resolução ANM nº 95, 7 de fevereiro de agosto de 2022	Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração.
	Lei nº 14.514, de 29 de dezembro de 2022	Dispõe sobre a empresa Indústrias Nucleares do Brasil S.A. (INB), sobre a pesquisa, a lavra e a comercialização de minérios nucleares, de seus concentrados e derivados, e de materiais nucleares, e sobre a atividade de mineração
	Decreto nº 11.482, de 6 de abril de 2023	Dispõe sobre o Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial - CNDI.

POLÍTICAS PÚBLICAS	Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
	Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018	Regulamenta o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 - Código de Mineração, a Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, a Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989, e parte da Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017.
	Decreto nº 10.605, de 22 de janeiro de 2021	Institui o Grupo de Trabalho Interministerial com a finalidade de desenvolver o Plano Nacional de Fertilizantes (GTI-PNF).
	Decreto nº 10.657, de 24 de março de 2021	Institui a Política de Apoio ao Licenciamento Ambiental de Projetos de Investimentos para a Produção de Minerais Estratégicos - Pró-Minerais Estratégicos, dispõe sobre sua qualificação no âmbito do Programa de Parcerias de Investimentos da Presidência da República e institui o Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos.
	Decreto MCTI nº 10.746, de 09 de julho de 2021	Institui a Política de Ciência, Tecnologia e Inovação de Materiais Avançados e o Comitê Gestor de Materiais Avançados.
	Decreto nº 11.120, de 5 de julho de 2022	Permite as operações de comércio exterior de minerais e minérios de lítio e de seus derivados.
	Resolução ANM nº 94, de 7 de fevereiro de 2022	Disciplina a classificação das reservas minerais, com base em padrões internacionalmente aceitos de declaração de resultados, nos termos do § 4º do art. 9º do Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018.
	Lei nº 14.515, de 29 de dezembro de 2022	Dispõe sobre os programas de autocontrole dos agentes privados regulados pela defesa agropecuária e sobre a organização e os procedimentos aplicados pela defesa agropecuária aos agentes das cadeias produtivas do setor agropecuário; institui o Programa de Incentivo à Conformidade em Defesa Agropecuária, a Comissão Especial de Recursos de Defesa Agropecuária e o Programa de Vigilância em Defesa Agropecuária para Fronteiras Internacionais
	Decreto nº 11.547, de 5 de junho de 2023	Dispõe sobre o Comitê Técnico da Indústria de Baixo Carbono (CTIBC).
	Decreto nº 11.413, de 13 de fevereiro de 2023	Institui o Certificado de Crédito de Reciclagem de Logística Reversa, o Certificado de Estruturação e Reciclagem de Embalagens em Geral e o Certificado de Crédito de Massa Futura, no âmbito dos sistemas de logística reversa de que trata o art. 33 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.

Desta forma, para além dos padrões internacionais de normalização aplicáveis ao setor mineral, a regulamentação cumpre o importante papel de harmonização das responsabilidades comerciais, fiscais, sociais, ambientais e econômicas. Também o de ampliar o conhecimento geológico, criar mais ferramentas de financiamento, tornar mais ágeis processos de licenciamentos e dar saltos tecnológicos com recursos minerais. Em um cenário de incertezas e aumento da demanda por insumos minerais, a regulamentação cumpre a função de regular a competição, contribuindo para a justiça social e ambiental, entre outros requisitos de importância transfronteiriça.

Na esfera federal, a regulamentação existente se distribui nas seguintes temáticas: energia, estruturação do setor mineral e políticas públicas, conforme a seguir.

Ainda se encontram em fase de tramitação dois projetos de Lei relevantes para compor o quadro de legislações federais:

- O Projeto de Lei nº 3.410/2021, que dispõe sobre a aplicação de medidas administrativas de prevenção e combate ao roubo, furto e receptação de cabos, fios metálicos, geradores, baterias, transformadores e placas metálicas.
- O Projeto de Lei nº 4.516/2023, que dispõe sobre a promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono, o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação, o Programa Nacional de Diesel Verde e o marco legal da captura e da estocagem geológica de dióxido de carbono.
- A reforma tributária encontra-se em estágio de elaboração de projetos de lei complementar. Os pontos com destaque para o setor mineral são a legalização de taxas adicionais e o imposto seletivo que incidirá sobre produtos potencialmente prejudiciais à saúde ou ao meio ambiente, bem como a revisão do projeto de lei para o licenciamento ambiental que, no estágio atual, exclui a mineração.

A regulamentação estadual sobre o setor mineral ainda é pouco harmonizada. Apesar de buscar consistência com o conteúdo federal, algumas particularidades podem ser observadas. Desde 2018, o Conselho Estadual de Meio Ambiente (Consema) o Estado do Maranhão possui a definição dos minerais estratégicos a partir da Resolução Consema nº 40, a saber: calcário calcítico, calcário dolomítico, gipsita, granito, basalto e diabásio, caulim, areia feldspática e ouro. No entanto, diferentes graus de maturidade são observados na regulamentação nacional.

Os estados da Bahia, Goiás, Pará, Rio Grande do Sul e Minas Gerais possuem ou estão elaborando os respectivos Planos Estaduais de Mineração.

2.1.5 Conformidade legal e normativa

A diversidade de requisitos contemplados na regulamentação do setor mineral de diferentes países reflete aspectos culturais, políticos, econômicos e geológicos de cada nação. A extração e processamento de minerais críticos e estratégicos (MCE) suscita a responsabilidade de compatibilizar diferentes interesses no sentido de viabilizar relações comerciais saudáveis e vantajosas, como também possibilitar o desenvolvimento econômico sustentável. O quadro a seguir apresenta a análise comparativa dos principais requisitos legais e normativos em vigor visando a conformidade para os Estados Unidos, União Europeia, Reino Unido, Austrália, Canadá, Argentina, China e Brasil.

Níveis de alcance de conformidade legal e normativa:	1	Não existe regulamentação específica para os MCE
	2	Há um arcabouço básico (mecanismos facilitadores de licenciamento para os MCE, embora os dispositivos legais careçam de regulamentação e/ou em atualização.
	3	Há um arcabouço básico, parcialmente harmonizado e os dispositivos legais encontram-se regulamentados e/ou em atualização.
	4	Há um arcabouço robusto, harmonizado, que inclui legislação sobre os MCE, criação de estoques de reserva, PD&I e investimentos em mapeamento, processamento, manufatura efetiva e em outros países.

Tabela 8: Matriz de verificação da conformidade legal e normativa.

	UE	UK	CHN	EUA	AUS	CAN	ARG	BRA
Legislação para definição dos materiais críticos	✓	✓	✓	✓		✓		
Legislação para definição dos minerais estratégicos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Legislação para estoque/ reserva de mercado	✓			✓		✓		
NÍVEL DE CONFORMIDADE	4	3	4	4	2	3	1	2

	UE	UK	CHN	EUA	AUS	CAN	ARG	BRA
Legislação para Economia Circular	✓	✓	✓	✓				
Legislação para recuperação/uso de recursos secundários	✓	✓	✓	✓				
Legislação para PD&I	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Incentivo econômico	✓		✓	✓		✓		
Investimentos em outros países	✓		✓	✓	✓	✓		
NÍVEL DE CONFORMIDADE	4	3	4	4	2	3	1	2

Fonte: Adaptado a partir de IEA, 2023²⁷.

2.2 Contexto mundial sobre os minerais críticos e estratégicos

Em 2008 a Europa lançou a Iniciativa Europeia para as Matérias Primas (RMI) ²⁸, a partir da qual a Comissão Europeia identifica a criticidade de determinados materiais em razão das limitações impostas para a exploração mineral na região.

Dentre os aspectos limitantes, são apontados no documento os seguintes fatores: competição pelo uso do solo, regulamentações ambientais, limitações tecnológicas para acessar os depósitos minerais europeus, alta dependência de importação. O mesmo documento aponta o aumento da eficiência do uso dos recursos e a reciclagem como oportunidades para a garantia do fornecimento de materiais críticos. Em uma das primeiras abordagens sobre matérias-primas secundárias, a RMI aponta o déficit da importação de sucatas metálicas em relação à exportação de material que

²⁷ <https://www.iea.org/reports/critical-minerals-policy-tracker/ensuring-supply-reliability-and-resiliency>

²⁸ *Raw Materials Initiative (RMI)*: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0699:FIN:en:PDF>

são utilizados como insumos de fontes secundárias. A exportação ilegal desses insumos secundários é apontada como fonte de esvaziamento desses estoques e ainda fonte de importantes impactos ambientais. Recentemente, em 2020 a Europa lançou o Pacto Verde Europeu²⁹, iniciativa que qualifica e limita o mercado internacional com vistas a balancear a demanda por insumos e minimizar a hegemonia chinesa no setor.

Tabela 9: Consumo de energia e água na produção de metais a partir de fontes primárias e secundárias.

Metal	Consumo energético (MJ/kg de metal extraído)		Consumo de água (m ³ /t de metal extraído)	
	minério	sucata	minério	sucata
Ferro	20-100	6	50-600	12-16
Alumínio	238-925	10	11-320	2
Cobre	31-2.040	14	40-200	15
Cobalto	140 - 2100	20 - 140	40 - 2000	30 - 100
Magnésio	165 - 230	10	2 - 15	2
Metais do Grupo da Platina (PMG)	18.860 - 254.860	1.400 - 3.400	100.000 - 1.200.000	3.000 - 6.000
Níquel	130-370	20	60-320	20
Terras Raras	5.500 - 7.200	1.000 - 5.000	1.250 - 1.800	250 - 1.250

Fonte: Adaptado de EASAC, 2016³⁰.

Conforme apresentado na Tabela 10, o consumo energético e o uso da água são importantes indicadores utilizados na avaliação da produção de materiais tanto de fontes primárias (depósitos naturais), quanto de fontes secundárias (resíduos e sucatas).

²⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52019DC0640>

³⁰ https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Circular_Economy/EASAC_Critical_Materials_web_complete.pdf

2.2.1 Configuração e oportunidades no mercado internacional

Estudo da OCDE (2019) estimou o uso global de materiais até 2060, examinando como as tendências socioeconômicas influenciam sua utilização. A análise envolveu 60 diferentes materiais, tanto primários quanto secundários, partindo do pressuposto a manutenção das políticas correntes, além de discutir o impacto ambiental da produção e uso destes materiais (OECD, 2019a). A principais conclusões do estudo são as seguintes:

- O uso global de material primário deve quase dobrar de 89 Gt em 2017 para 167 Gt em 2060, com minerais não metálicos como areia e calcário sendo os maiores demandados. O uso de metais, embora menor em peso, crescerá mais rapidamente e terá impactos ambientais maiores.
- O maior crescimento no uso de materiais é esperado em economias emergentes como China, Índia e países da África Subsaariana e Ásia. Mesmo os países da OCDE verão um crescimento anual de 1-2% no uso de materiais.
- A intensidade material na economia global deve diminuir 1,3% ao ano devido às mudanças em direção a serviços e tecnologias mais eficientes.
- A reciclagem se tornará mais competitiva, superando o crescimento na mineração.
- Apesar do aumento da competitividade na reciclagem, os altos custos de mão de obra na produção secundária limitam o uso de materiais reciclados. Tanto os materiais primários quanto os secundários aumentarão em taxas semelhantes.

Do ponto de vista dos impactos ao meio ambiente e à emissão de gases de efeito estufa, o aumento no uso de materiais pode ser resumido por meio dos seguintes pontos (OECD, 2019b):

- As emissões globais de GEE (Gases de Efeito Estufa) devem atingir 50 Gt de CO₂-eq até 2030 e 75 Gt até 2060, principalmente devido à queima de combustíveis fósseis, falhando em cumprir as metas do Acordo de Paris. O uso de materiais contribui para dois terços dessas emissões.

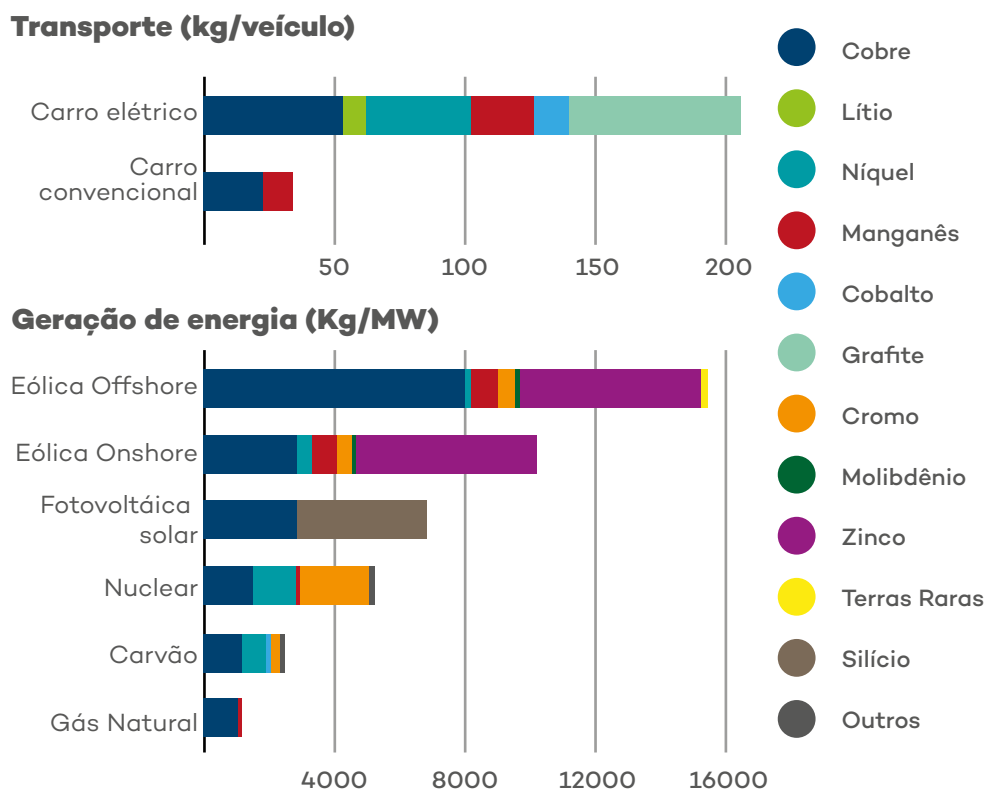
- O uso de combustíveis fósseis, a produção de ferro, aço e materiais de construção levam a emissões significativas relacionadas à energia. Até 2060, a produção de concreto e de metais representará cada um 12% das emissões totais de GEE.
- O impacto ambiental da extração de metais poderá dobrar entre 2017 e 2060 devido ao aumento da escala, incluindo efeitos tóxicos à vida biológica e em ecossistemas.
- Materiais secundários têm impactos ambientais por kg muito menores do que os materiais primários. Políticas que promovem o uso de materiais secundários e a circularidade reduzirão os impactos ambientais gerais.

Em relação às implicações políticas para lidar com essa complexidade, o estudo da OCDE (2019) conclui que a melhoria da eficiência dos recursos e a adoção de uma economia circular são cruciais para mitigar impactos ambientais e alcançar objetivos como segurança de recursos e criação de empregos. Todos os governos enfrentarão um desafio complexo para desenvolver pacotes de políticas coerentes e coordenados com outras áreas como comércio e inovação para superar esses desafios, de modo a contribuir de forma efetiva para os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ODS).

2.2.2 Alavancas para o aumento da demanda por minerais críticos e estratégicos

A geração de energia renovável por meio de parques eólicos e solares e o transporte eletrificado demandam muito mais materiais de base mineral do que a geração de energia por meio de combustíveis fósseis. Por exemplo, carros elétricos usam seis vezes mais minerais do que carros tradicionais, e usinas eólicas onshore precisam de nove vezes mais minerais do que térmicas a gás. Desde 2010, a demanda por minerais para cada nova unidade de geração de energia renovável aumentou em 50% devido ao aumento dos investimentos neste setor. As tecnologias de energia renovável dependem de diferentes minerais. A fabricação de baterias de tração para veículos elétricos utiliza, principalmente, lítio, níquel, cobalto, manganês e grafite, enquanto turbinas eólicas e motores de veículos elétricos necessitam de elementos de terras raras. Cobre e alumínio são fundamentais para redes elétricas (IEA, 2021). A Figura 2 apresenta um detalhamento do uso de MCE em diferentes tecnologias da transição energética.

Figura 2: Minerais críticos e estratégicos utilizados em tecnologias de energia renovável.



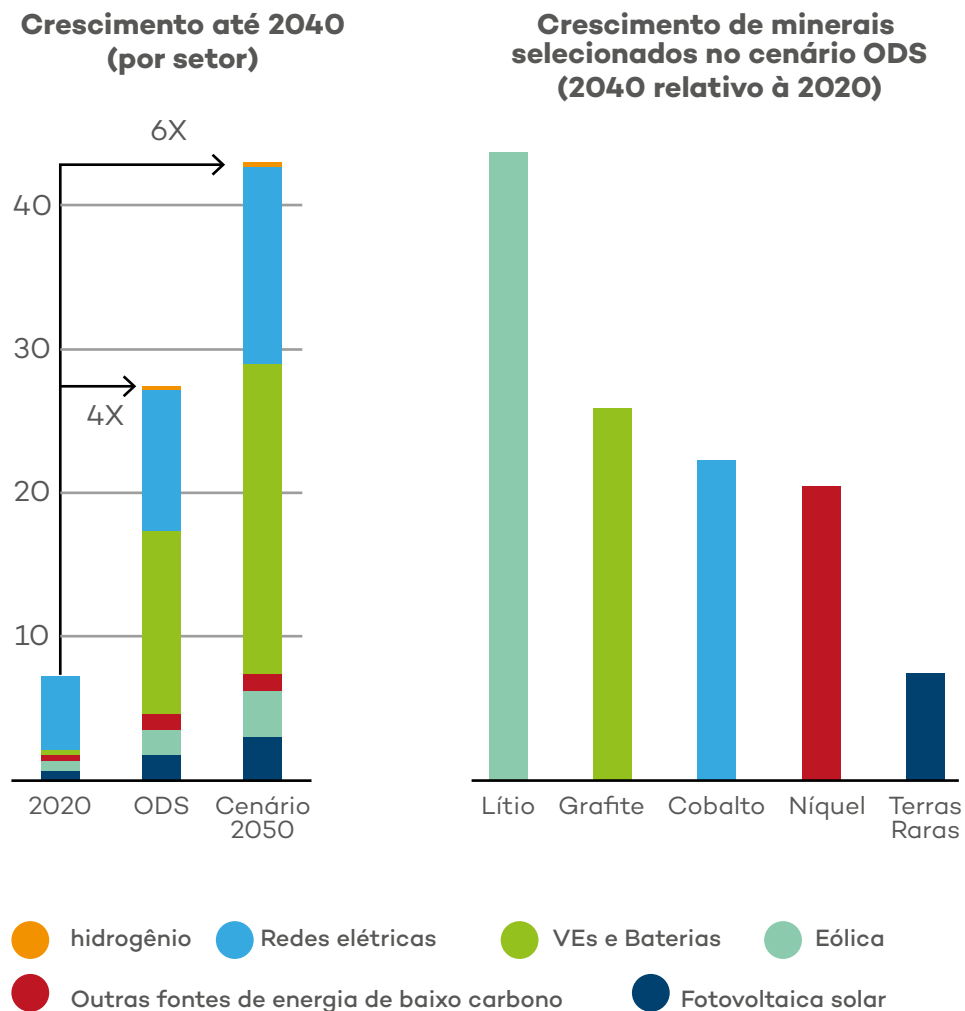
Notas: Kg=quilograma; MW=megawatt; Aço e alumínio não incluídos. A demanda foi estimada a partir de quatro variáveis principais: (i) tendências de inserção de renováveis em diferentes cenários; (ii) participação de sub-tecnologias em cada área tecnológica; (iii) intensidade mineral de cada sub-tecnologia; e, (iv) melhorias na intensidade mineral.

Fonte: Adaptado de IEA (IEA, 2021).

Como pode ser visto, a demanda destes minerais no futuro será cada vez mais impulsionada pelas diversas tecnologias da transição energética e deverão crescer em taxas jamais vistas. Em cenário alinhado ao Acordo de Paris, a demanda pode subir 40% para cobre e terras raras, de 60-70% para níquel e cobalto, e quase 90% para lítio nas próximas duas décadas. Veículos elétricos estão se tornando os maiores consumidores de lítio e deverão ser os maiores usuários de níquel até 2040. Essa dependência crescente de minerais para a descarbonização da economia vai apresentar desafios únicos para os governos e formuladores de políticas em relação às vulnerabilidades do mercado de mineração, como eventual volatilidade nos preços e a necessidade de segurança do suprimento (IEA, 2021).

Para cumprir o Acordo de Paris, essas necessidades poderão quadruplicar, enquanto uma meta de emissão líquida zero até 2050 exigiria seis vezes mais insumos minerais em 2040 do que hoje (IEA, 2021). Isso demonstra como a economia do setor mineral terá cada vez mais importância no cenário de transição energética e frente aos desafios globais das mudanças climáticas (Figura 3). Os cenários ODS seriam cenários intermediários que buscam garantir o cumprimento das metas para cada um dos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), mas não seriam tão restritivos quanto cenário de longo prazo 2050 net-zero.

Figura 3: Demanda mineral para tecnologias de energias renováveis por cenários.



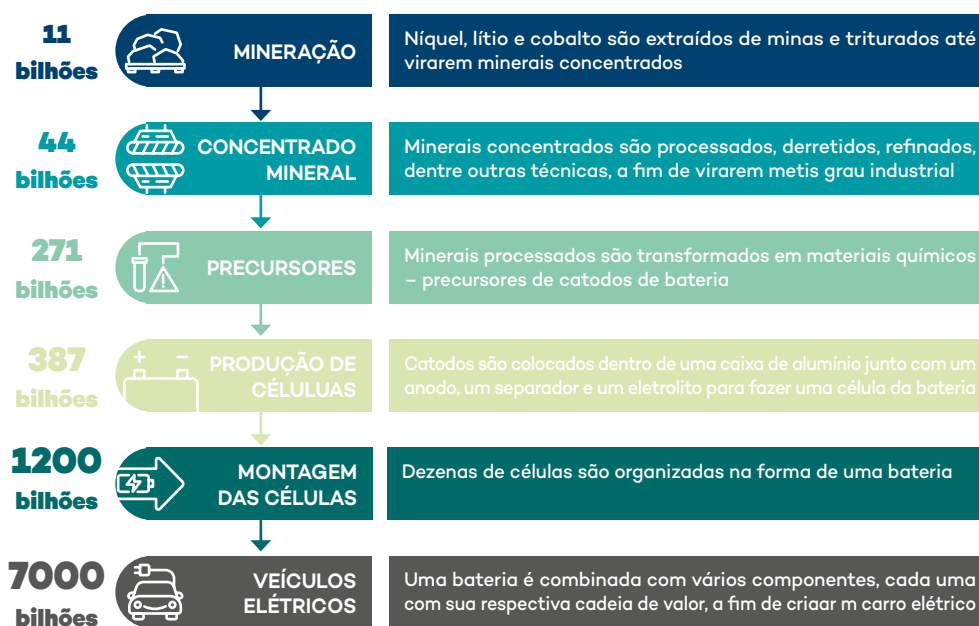
Notas: Mt=milhões de toneladas.

Fonte: (IEA, 2021).

Em análise sobre preços e renda futura para os minerais que mais serão impactados pela transição energética, Boer, Pescatori, & Stuermer (2021) classificam estes minerais a partir da maturidade dos respectivos mercados. Por exemplo, cobre e níquel já possuem mercados maduros e são amplamente utilizados na indústria e possuem processos e mercados consolidados, ao passo que cobalto e lítio são mercados emergentes que passaram a ganhar importância a partir da aplicação, por exemplo, em baterias de veículos elétricos.

A Figura 4 mostra um exemplo da distribuição de valor: a mineração de Ni, Li e Co tem apenas 0,6% de participação no total da cadeia de valor de manufatura de veículos elétricos, ou 1,1% se a etapa de fundição e refino for levada em conta. Destaca-se que a etapa que mais agrega valor (30 vezes) é o processamento químico para a obtenção de insumos usados na fabricação de baterias. Investir em transformação mineral no Brasil pode fortalecer sua posição no mercado global, atendendo à demanda por diversificação das cadeias de suprimentos e ampliando sua participação em indústrias de alta tecnologia, beneficiando-se economicamente e estrategicamente. E o Brasil ainda apresenta sua matriz energética e elétrica rica em fontes renováveis, um atrativo para desenvolver aqui instalações de processamento downstream para metais estratégicos, com significativa redução da emissão de GEE, em comparação com a grande maioria dos países produtores.

Figura 4: Valor estimado da cadeia de valor de minerais para baterias e veículos elétricos.



Fonte: *Geopolitics of the Energy Transition: critical materials* (2023). *International Renewable Energy Agency* – IRENA.

Outros minerais, como elementos de terras raras (ETR) e os metais do grupo da platina (MGP) são mais difíceis de classificar, até mesmo porque os ETR envolvem um conjunto de 17 metais importantes para turbinas eólicas e veículos elétricos, enquanto os MGP envolvem um outro conjunto de seis metais relevantes para a produção de catalisadores destinados a produção de hidrogênio. Apesar disso, a transição energética deve impulsionar modestamente a demanda por esses metais, especialmente os ETR.

Conforme análise da IEA (2021), os veículos elétricos e o armazenamento por meio de baterias de íons de lítio serão os principais motores do crescimento da demanda por minerais da transição, os quais poderão aumentar em até 30 vezes até 2040. O lítio deverá liderar as taxas de crescimento, seguido por grafite, cobalto e níquel. A demanda por cobre, por sua vez, deverá dobrar para atender à expansão da rede elétrica a partir da inserção maciça de energias renováveis. A geração de energia renovável de origem solar PV e eólica, principalmente, deverá triplicar a demanda por minerais até 2040. A geração hídrica, a biomassa e a nuclear, devido a menores necessidades de minerais, vão contribuir muito pouco. O crescimento do mercado de hidrogênio renovável, contudo, deverá impulsionar a demanda por níquel, zircônio e MGP.

De qualquer modo, essa demanda estará sempre sujeita a incertezas como a evolução tecnológica e a efetividade das políticas públicas, embora a maior incerteza venha de políticas públicas pouco efetivas. A coordenação de políticas para lidar com o acoplamento de diversos setores, tais como energia, agricultura, indústria e transporte, será chave para minimizar riscos aos investimentos e garantir capital para novos projetos de descarbonização. Espera-se que os minerais da transição energética passem a ser mais lucrativos que o carvão antes de 2040, considerando que atualmente o carvão é a principal fonte de receita na mineração (IEA, 2021); (R Anthony Hodge, 2022).

Serão necessárias mais de 3 bilhões de toneladas de MCE para descarbonizar o sistema global de energia até 2050 (*World Bank*, 2020) e o mercado de baterias, atualmente estimado em mais de 105 bilhões de dólares, poderá atingir quase 240 bilhões de dólares em 2030, com uma participação nas vendas de quase 40% do mercado Asiático-Pacífico, com um crescimento estimado da ordem de 9,6% ao ano³¹.

Além disso, a demanda crescente por MCE e a confiabilidade do seu fornecimento é vista como uma questão central, pois poderá implicar na

31 <https://www.igfmining.org/wp-content/uploads/2022/11/critical-minerals-primer-en-WEB.pdf>

velocidade desejada da transição energética e em aumento de custos. Eventuais desequilíbrios entre oferta e demanda também podem levar a volatilidade de preços e resultar em atrasos nos investimentos. Os materiais representam grande parte dos custos das baterias, de modo que são bastante sensíveis a mudanças nos preços dos minerais. Dobrar os preços do lítio ou do níquel, por exemplo, pode significar o aumento de 6% nos custos das baterias. O cobre e o alumínio, por sua vez, representam 20% do investimento em redes elétricas. Uma oferta restrita desses materiais pode impactar significativamente os custos desta infraestrutura.

A Figura 5 apresenta as quantidades em quilos de cada mineral crítico para veículos elétricos, bem como os principais países produtores.

Figura 5: Minerais e metais para veículos elétricos por peso (em kg) e principais países produtores.



*Países em negrito indicam a filiação ao IGF

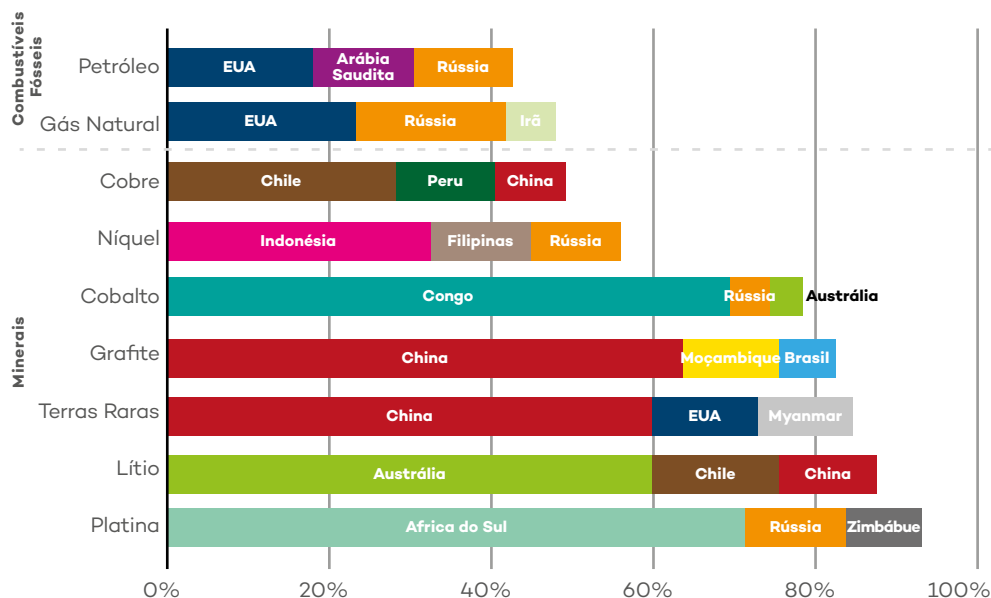
Fonte: Adaptado e traduzido de Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development (IGF, 2022)

Os riscos para o fornecimento de minerais - confiabilidade, acessibilidade e sustentabilidade - são reais, mas gerenciáveis. A resposta esperada dos formuladores de políticas públicas e das empresas determinará se esses minerais irão alavancar a transição energética ou se tornarão gargalos a este processo. Os eventuais gargalos no fornecimento de minerais da transição e alta volatilidade nos preços podem ser o resultado de uma série de aspectos associados à dinâmica dos mercados de mineração (IEA, 2021):

- **concentração geográfica:** de forma diferente do setor de petróleo, a maioria dos MCE é produzida por poucos países, amplificando os riscos de fornecimento. Por exemplo, China e RDC dominam a produção de cobalto e terras-raras. A China também é um ator chave no refino desses minerais, além da cadeia de baterias, solar PV etc. Vide Figura 6.
- **longos prazos de desenvolvimento:** em média, leva-se 16,5 anos para passar da fase exploratória para a produção mineral. Esse prazo limita respostas adequadas a aumentos rápidos na demanda.
- **qualidade decrescente e maiores custos do minério:** a qualidade de recursos como o cobre está diminuindo, exigindo mais energia para a extração, o que eleva os custos e as emissões.
- **questões ambientais e sociais:** com o aumento da fiscalização sobre práticas sustentáveis, a mineração mal gerenciada pode arriscar a interrupção do fornecimento e prejudicar comunidades.
- **riscos climáticos:** muitas regiões de mineração enfrentam riscos ambientais como estresse hídrico e clima extremo, ameaçando fornecimentos confiáveis e sustentáveis.

Num cenário acelerado da transição energética, a segurança do suprimento dos minerais será tão vital quanto já foi a segurança do petróleo. Mas, diferente do petróleo, a escassez de minerais poderá afetar principalmente os novos veículos elétricos (VEs) ou as novas usinas eólicas ou solares. É preciso uma coordenação fina entre demanda, tecnologia e resiliência da cadeia de fornecimento. Para evitar esses gargalos, sinais claros de políticas públicas são essenciais para fomentar o investimento para a abertura de novas minas, criar um ambiente de negócios efetivo e instrumentos financeiros inovadores para acelerar os cronogramas dos projetos. Inovações que busquem produtos e processos de produção mais eficiente ou produtos substitutos para esses MCE também deverão ser incentivados (IEA, 2021).

Figura 6: Participação dos três principais países produtores na produção total de minerais e combustíveis fósseis selecionados, 2019.



Fonte: (IEA, 2021) a partir da compilação de outras fontes.

De igual modo, a reciclagem pode aliviar a demanda por novos minerais, especialmente com o aumento de baterias de veículos elétricos e de resíduos de tecnologias renováveis (como pás eólicas ou painéis solares) após 2030. Isso poderia reduzir as necessidades de fornecimento primário de minerais-chave em cerca de 10% até 2040. Avaliações regulares do mercado, testes de estresse e estocagem estratégica podem melhorar a resiliência da cadeia de fornecimento. Abordar os impactos ambientais e sociais é essencial para uma mineração sustentável. Regulamentação eficaz pode mitigar riscos como má gestão de resíduos e violações dos direitos humanos. Apesar de intensidades de emissão mais altas nas cadeias de fornecimento de minerais, as tecnologias de energias renováveis ainda oferecem benefícios climáticos líquidos. A integração antecipada de preocupações ambientais pode garantir práticas sustentáveis ao longo do ciclo de vida de um projeto (IEA, 2021).

Na visão da IGF (2022), organização que conta com a participação do Brasil, os governos estarão frente a um conjunto tanto de oportunidades quanto de desafios na transição para uma economia de baixo carbono. Os benefícios incluem crescimento econômico por meio de novas cadeias de fornecimento, criação de empregos e novas fontes de receita. Os desafios envolvem riscos ambientais, segurança da cadeia de fornecimento e ajustes de governança. O equilíbrio destes fatores é a chave para uma transição bem-sucedida e, nesse sentido, serão três os principais riscos a serem superados:

- **Riscos de fornecimento** devido à concentração em poucos países e empresas, esgotamento de recursos e substituições de materiais impulsionadas por tecnologia.
- **Desafios em acordos de compra**, incluindo incompatibilidade de volume, volatilidade de preços e instabilidade geopolítica.
- **Riscos macroeconômicos** como volatilidade de receita, crises cambiais e flutuações globais nos preços de *commodities*, além do fenômeno conhecido como “doença holandesa”³².

Por fim, estudo pioneiro da IEA (2021) elenca seis principais recomendações para uma nova abordagem abrangente à segurança dos minerais, a saber:

- 1. garantir os investimentos de forma diversificada na cadeia de suprimento de minerais:** os governos devem enviar sinais claros sobre metas de energia renovável para incentivar investimentos diversificados nas cadeias de suprimento de minerais.
- 2. impulsionar a inovação tecnológica em todos os elos da cadeia de valor:** intensificar PD&I para inovar em toda a cadeia de valor, permitindo o uso eficiente de materiais, substituição e novos fornecimentos para ganhos ambientais e de segurança.
- 3. expandir a escala dos negócios de reciclagem:** implementar políticas para minimizar o desperdício, incentivando a reciclagem, a separação eficiente de resíduos e a pesquisa em novas tecnologias de reciclagem.
- 4. melhorar a resiliência e a transparência do mercado:** fortalecer a resiliência da cadeia de suprimento por meio de medidas como avaliações de mercado, testes de estresse e, em alguns casos, estoques estratégicos.
- 5. elevar padrões de sustentabilidade ambiental e social:** incentivar um desempenho ambiental e social mais elevado para produzir de forma sustentável, buscando diversificar fornecimento e reduzir custos de aquisição.
- 6. fomentar colaboração entre produtores e consumidores:** utilizar fóruns apropriados para incentivar o diálogo internacional, transparência de

32 O conceito está associado com a ocorrência de altas receitas de um setor, como recursos naturais, que valorizam a moeda e prejudicam a competitividade de outros setores. O entendimento e a gestão dessa combinação desfavorável são vitais para países ricos em recursos naturais, especialmente no contexto da atual transição energética. Vide em <https://www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/Series/Back-to-Basics/Dutch-Disease>

dados, avaliações de vulnerabilidade, transferência de conhecimento e melhoria dos padrões ambientais e sociais.

Além das oportunidades visíveis a partir da produção de MCE para a transição energética, resultados preliminares de uma pesquisa recente apontam que países mineradores, principalmente na África, têm apresentado melhor desempenho econômico comparado com países produtores de petróleo ou que não possuem atividade de mineração, além de sinais de melhoria em indicadores de desenvolvimento socioeconômico para aqueles países. Eles sugerem que os países com forte atividade de mineração devem olhar além do curto prazo e desenvolver uma estratégia de longo prazo para o desenvolvimento e a gestão dos seus recursos minerais. Adicionalmente, a crescente necessidade de metais e minerais para a transição energética apresenta ainda mais oportunidades de crescimento econômico e social para estes países (Ericsson & Löf, 2019).

Países com elevada dotação de metais como cobre, níquel, cobalto e lítio têm um alto potencial de crescimento em função da crescente demanda por tecnologias de energia renovável. No entanto, uma governança precária e questões éticas como o trabalho infantil podem limitar esse crescimento. As cadeias de fornecimento de alguns desses minerais, por exemplo, são caracterizadas por abusos aos direitos humanos, como o uso de trabalho infantil, notavelmente na mineração artesanal não regulamentada de cobalto na República Democrática do Congo (que tem as maiores reservas do mundo). O gás natural já é visto como uma fonte de energia de transição e já há um compromisso mais firme dos signatários do Acordo de Paris, inclusive da China, que deverá se aproveitar de uma vasta oportunidade comercial a partir da sua alta participação nas principais cadeias de valor das tecnologias de baixo carbono. Os países dependentes de combustíveis fósseis deverão enfrentar riscos econômicos e deverão diversificar para mitigar vulnerabilidades. Será necessário um gerenciamento ético da cadeia de suprimento, mais investimentos na abertura de minas e em infraestrutura para um crescimento equilibrado em médio e longo prazo (Addison & Roe, 2018).

De acordo com o Conselho das Entidades Sindicais da Indústria Química (Cesiq), o preço do gás natural no Brasil (US\$ 16 por milhão de BTUs), é significativamente superior ao preço praticado em outros países. Devido à ausência de infraestrutura com a instalação de uma rede maior de gasodutos para o escoamento da produção de gás natural, o Brasil reinjeta parte do gás extraído em poços de petróleo. Em 2022, 50% do gás natural extraído nos dois primeiros meses foram reinjetados, nesse período a importação de GNL subiu 42% e os preços subiram 260% (Associação de Comércio Exterior do Brasil - AEB³³).

33 <https://www.alemnaenergia.engie.com.br/entenda-como-o-brasil-importa-gas-natural-e-os-vieses-disso/>

Com o aumento de oferta de outras fontes de energia e redução de uso de termelétricas, deve ocorrer um aumento na oferta desse combustível para as indústrias. Também são aguardados o crescimento na produção nacional de gás natural (Gaslub, Sergipe águas profundas e BMC 33) e a ampliação da malha de gasodutos (Via Dutra e Litorâneo do Nordeste).

Essa mudança de patamar do setor mineral poderá justificar no futuro a criação de uma instituição internacional focada em metais, com o papel de padronizar práticas industriais, compartilhamento de conhecimento, e fomentar iniciativas de cooperação global, a exemplo dos papéis desempenhados pela Agência Internacional de Energia (IEA) ou da Organização para Alimentos e Agricultura das Nações Unidas (FAO). Isso se justificaria por que eventuais incertezas na transição energética e políticas climáticas não coordenadas poderiam atrasar a abertura de novas minas e aumentar os custos. A expansão da mineração também apresenta riscos ambientais, o que deverá requerer a adoção de padrões rigorosos e incentivos para projetos mais eficientes e reciclagem. Nessa transição alguns países estarão mais bem posicionados do que outros, a depender do cenário de preços e o comportamento de cada mercado dos minerais da transição, cujas políticas públicas vão depender se o país é exportador ou importador. Restrições à exportação e a existência de subsídios poderão impactar os custos no caso de uma transição energética mais acelerada (Boer, Pescatori, & Stuermer, 2021).

O evento *Climate Ambition Summit 2023*, realizado em Nova Iorque, em 20 de setembro de 2023 abordou questões críticas associadas ao avanço da transição verde: (i) descarbonização Industrial; (ii) desenvolvimento em larga escala de baterias em nível global; e, (iii) minerais críticos para a transição energética³⁴.

2.2.3 **Cenário para minerais críticos e estratégicos para a transição energética**

A perspectiva global para os MCE é caracterizada pelo aumento da demanda impulsionada pela necessidade crescente de descarbonização da economia. Um dos desafios associados a esses materiais é sua disponibilidade limitada, longo prazo de maturação dos investimentos e relativa concentração em poucos países ou regiões, gerando vulnerabilidades nas cadeias de suprimentos e tensões de natureza geopolítica. Com o aumento da demanda, os esforços

³⁴ https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/concept_note_climate_ambition_summit_accelerating_decarbonization_through_collaboration_and_implementation_.pdf

para diversificar fontes de suprimento e promover práticas de mineração responsáveis e sustentáveis se tornaram cruciais. Além disso, a reciclagem e o desenvolvimento de substitutos para esses minerais também ganharam atenção para reduzir a dependência de recursos limitados e aumentar a eficiência dos recursos. Nesse estudo, foram considerados os MCE na perspectiva da transição energética³⁵, para segurança alimentar³⁶ e outros³⁷.

Figura 7: Grau de impacto da demanda das tecnologias da transição nos minerais críticos.

	Solar	Eólica	Redes elétricas	VEs e Baterias	Eletrolisadores hidrogênio	Nuclear	Hidroelétricas	outros usos
Aço	Alta	Alta	Alta	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Alta	Alta	Alta	Construção, transporte, bens consumíveis, embalagem para bebidas
Alumínio	Alta	Alta	Alta	Média	Média	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Média	Construção, transporte, indústria, embalagem para bebidas
Cobalto	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Alta	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Eletrônicos e ligas de aço
Cobre	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Média	Média	Indústria, construção, elétrico e eletrônicos
Grafite	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Alta	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Indústria do aço, lubrificantes, produção de lápis
Lítio	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Alta	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Equipamentos elétricos e eletrônicos
Neodímio	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Alta	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Alta	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Média	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Equipamentos elétricos e eletrônicos, produção de ímãs
Nióbio	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Média	Média	Alta	Média	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Alta	Eletrônicos, defesa, diagnóstico por imagem e tubulações condutoras de fluidos.
Níquel	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Média	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Alta	Alta	Média	Média	Ligas de aço
Paládio e platina	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Alta	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Catalisadores automotivos
Polissilício	Alta	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Ligas, lubrificantes, semicondutores, painéis solares
Prata	Alta	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Joalheria, ligas metálicas para equipamentos eletrônico
Urânio	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Alta	Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável	Defesa, reatores nucleares, radioisótopos para medicina nuclear

Importância do material para tecnologia de energia limpa

● Alta ● Média ● Pouca/nenhuma demanda, ou não aplicável

Aço estrutural para veículos elétricos não está incluído como demanda de transição energética, pois isso não é uma demanda “adicional”, pois esse material também seria usado em quantidades semelhantes em veículos com motores de combustão interna.

Fonte: (ETC, 2023)

35 Minerais e materiais críticos: cobalto; lítio; níquel; cobre; grafita; manganês; nióbio; elementos de terras raras (ETR), como disprosium; e; minerais do grupo da platina (MGP); minerais e materiais de base [bulk materials]; alumínio; e aço.

36 Minerais para a segurança alimentar: potássio; e remineralizadores.

37 Outros: magnésio; silício; urânio; e vanádio.

As novas tecnologias para a descarbonização da economia global terão um forte impacto na demanda derivada para a extração e transformação de minerais estratégicos, na manufatura e montagem de componentes-chave, bem como no transporte e na logística. A demanda por minerais críticos varia significativamente entre as diversas tecnologias de energia limpa, incluindo a geração de energias renováveis, veículos elétricos e armazenamento por meio de baterias. Vide Figura 7.

Em estudo recente, as Nações Unidas advogam por um forte apoio internacional para a transição verde em países menos desenvolvidos, alertando sobre os riscos de políticas climáticas unilaterais baseadas no comércio, sugerindo um conjunto de políticas que possam ajudar estes países manter o equilíbrio entre metas econômicas, sociais e ambientais, tendo em vista que a transição energética deverá afetar o setor mineral e produção de combustíveis fósseis (UNCTAD, 2022).

Alguns países, por um lado, estarão expostos ao risco de acumular ativos obsoletos, encalhados, por outro, terão o potencial de se beneficiar da demanda crescente por minerais críticos. Será preciso, contudo, uma abordagem cujo foco seja a agregação de valor aos materiais extraídos em nível local e regional, incorporando esses países de forma mais profunda nas cadeias de valor globais, seja por financiamento local ou atração de investimento estrangeiro direto (UNCTAD, 2022).

Uma política industrial verde coordenada será crucial para posicionar países com elevada dotação desses minerais de forma mais favorável em cadeias de valor complexas e em rápida evolução, como o processamento e a manufatura de bens industriais da transição energética, como veículos elétricos e baterias, por exemplo (UNCTAD, 2022). O estudo também mapeou, dentre o conjunto das tecnologias da transição energética, os principais usos de cada um dos MCE, os volumes atualmente produzidos, além dos principais países produtores.

Não há divergências sobre como a transição energética aumentará significativamente a demanda por minerais críticos. Mesmo que ainda não exista uma definição única sobre o conceito destes bens minerais, eles são vitais para as tecnologias de energia renovável. As eventuais interrupções no suprimento desses minerais não impactarão necessariamente a segurança energética, mas poderão adiar a transição. Inovações como melhorias de eficiência já estão afetando a demanda dos minerais estratégicos.

De forma distinta dos combustíveis fósseis, os minerais críticos têm dinâmicas diferentes de oferta e demanda, tornando os riscos de dependência distintos, de modo que as suposições sobre mudanças de dependência são injustificadas devido a essas diferenças e às incertezas existentes nas

projeções de demanda (IRENA, 2023). A Figura 8 apresenta as principais diferenças entre combustíveis fósseis e MCE.

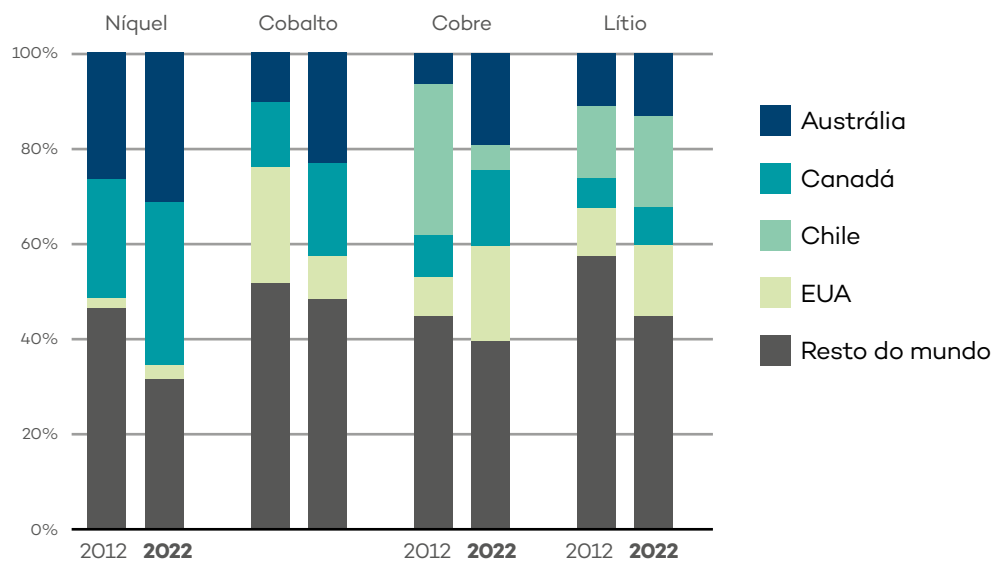
Figura 8: Minerais críticos e estratégicos e combustíveis fósseis diferem em vários aspectos.

COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS	MATERIAIS CRÍTICOS
MINERAÇÃO EM LARGA ESCALA em 2021, 15 bilhões de toneladas de combustíveis fósseis foram extraídas ¹	MINERAÇÃO DE BAIXA ESCALA Cerca de 10 milhões de toneladas de minerais para transição energética foram produzidos em 2022 ²
GERAÇÃO DE ALTAS RENDAS Somente exportações de petróleo e gás atingiram USD 2 trilhões em 2021 ³	GERAÇÃO DE LUCROS MENORES Exportações de cobre, níquel, lítio, cobalto e terras raras atingiram 96 bilhões em 2021 ⁴
QUEIMADOS COMO COMBUSTÍVEL Combustíveis fósseis são primeiramente queimados como combustível, quase 94% do seu uso ⁵	INSUMO PARA FABRICAÇÃO Materiais críticos estão embarcados em ativos energéticos com ciclo de vida típico entre 10 e 30 anos
RISCO À SEGURANÇA ENERGÉTICA Interrupção no suprimento pode levar a escassez imediata de energia e aumentos bruscos de preços	RISCOS À TRANSIÇÃO ENERGÉTICA Interrupção no suprimento pode atrasar novos ativos de energia limpa, mas sem afetar preços ou oferta de energia
NÃO RECICLÁVEL São primariamente consumidos por meio da combustão e não podem ser recuperados ou reaproveitados	REUSÁVEL E RECICLÁVEL Alto potencial para redução de uso, reutilização e reciclagem

Notas: [1] os dados são de 2021 e foram obtidos do BP's *Statistical Review of World Energy*. Os dados de petróleo e carvão estavam disponíveis em toneladas; os dados de gás foram convertidos de bilhões de metros cúbicos (bcm) para bilhões de toneladas. [2] de acordo com cálculos da IRENA, a produção de materiais (cobre, lítio, grafite, níquel, cobalto, manganês, elementos de terras raras e metais do grupo da platina) para tecnologias relacionadas à energia renovável em 2022 foi de aproximadamente 10 milhões de toneladas (megatoneladas). [3] em 2021, as exportações de petróleo bruto geraram 951 bilhões de dólares americanos; petróleo refinado gerou 746 bilhões; gás natural liquefeito gerou 162 bilhões; e gás natural no estado gasoso gerou 173 bilhões. [4] em 2021, as exportações de minérios e concentrados de cobre geraram 91,1 bilhões de dólares americanos; minérios e concentrados de níquel geraram 4,24 bilhões; minérios e concentrados de cobalto geraram 118 milhões. Em relação aos metais de terras raras, o escândio e o ítrio geraram 586 milhões de dólares americanos. [5] calculado a partir do IEA's World Energy Balance (2020), disponível em: www.iea.org/Sankey. Fonte: (IRENA, 2023)

O mercado potencial para MCE tem impulsionado o crescimento das atividades de exploração mineral. A maior parte do orçamento para esta atividade econômica vem de países da OCDE como Austrália, Canadá, Chile e Estados Unidos, que aumentaram seu foco em níquel, cobalto, lítio e cobre. Outras nações também aumentaram seus orçamentos para esses minerais. A África do Sul lidera na exploração de platina (Figura 6). Apesar disso, o setor de mineração ainda investe pouco em exploração. Entre 2012 e 2020, as empresas juniors de mineração estão cada vez mais dominando o orçamento de exploração, crescendo seus investimentos de 31% para 56% para minerais associados à produção de baterias, enquanto as grandes empresas reduziram suas participações de 52% para 34%, e os governos mantêm participações menores e estáveis, da ordem de 6% ao longo do mesmo período (IRENA, 2023).

Figura 9: Participação do orçamento global de pesquisa mineral de materiais selecionados por país, 2012 e 2022.



NOVOS PROUTORES CHAVE EM 2022



Gabão
Peru
Polônia
Ilhas Salomão
Tanzânia



Bósnia e Euzgovina
Chile
Groelândia
Espanha
Tanzânia



Afeganistão
Cuba
Chiprer
Eritreia
Tanzânia



Costa do Marfim
Índia
Marrocos
Suécia
Reino Unido

Fonte: S&P apud (IRENA, 2023).

Sabe-se que a mineração de MCE está concentrada em países específicos, com a China dominando o setor de processamento e refino. As reservas minerais, contudo, são mais uniformemente distribuídas, oferecendo chances para a diversificação da cadeia de fornecimento por meio de colaboração internacional. O valor comercial desses materiais é muito menor do que o dos combustíveis fósseis e não é comumente negociado em bolsas de valores. Os riscos de fornecimento incluem desde fatores geopolíticos como guerra, nacionalismo de recursos, até restrições à exportação. Por fim, novas fronteiras como o Ártico, o espaço sideral e os mares profundos poderiam se tornar campos competitivos para esses materiais, embora existam ainda muitas incertezas ambientais e regulatórias (IRENA, 2023).

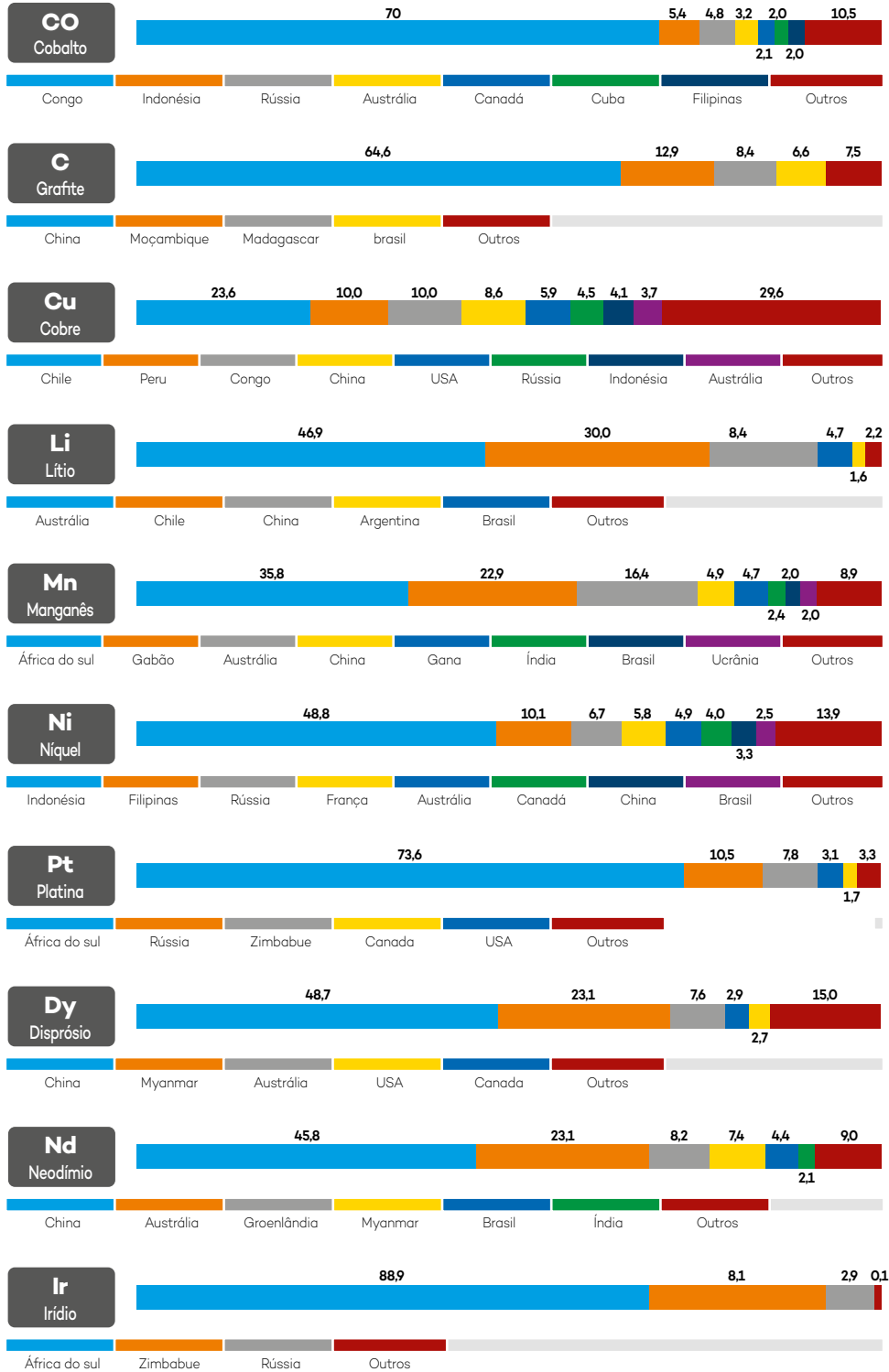
A alta concentração da mineração ocorre em regiões geográficas específicas (Figura 10). Mais de 70% da platina, por exemplo, é extraída na África do Sul; 70% do cobalto é extraído na República Democrática do Congo; mais de 60% do grafite natural na China; quase 50% do níquel na Indonésia; quase 50% do lítio na Austrália e quase 50% do disprósio na China. O processamento mineral ou refino é ainda mais concentrado (Figura 11). A China lidera com folga, respondendo pela totalidade da oferta global de produtos refinados de grafite natural e disprósio (ETR), mais de 90% para manganês, 70% para cobalto, quase 60% para lítio e aproximadamente 40% para cobre (IRENA, 2023).

A restrição imposta pelo governo chinês à exportação de grafite começa a vigorar a partir de dezembro de 2023. Com ampla aplicação nas indústrias de semicondutores, aeroespacial, química, siderurgia e na fabricação dos veículos elétricos, o grafite é o pivô da chamada 'guerra tecnológica' com o envolvimento dos Estados Unidos e países aliados na Ásia e Europa e tem relação com o impacto no fornecimento de chips para equipamentos eletroeletrônicos.

A autossuficiência chinesa quanto às principais reservas minerais para a transição energética, aliada ao desenvolvimento industrial do país, resultaram em aumento da condição de criticidade para determinados materiais. Como resultado, o aumento de preços de materiais e produtos podem tanto exigir dos demais países a estruturação de políticas econômicas e industriais para enfrentar as restrições, como também incentivar a maturidade das cadeias de valor dos demais países como forma de reduzir a dependência dos minerais ou produtos chineses.

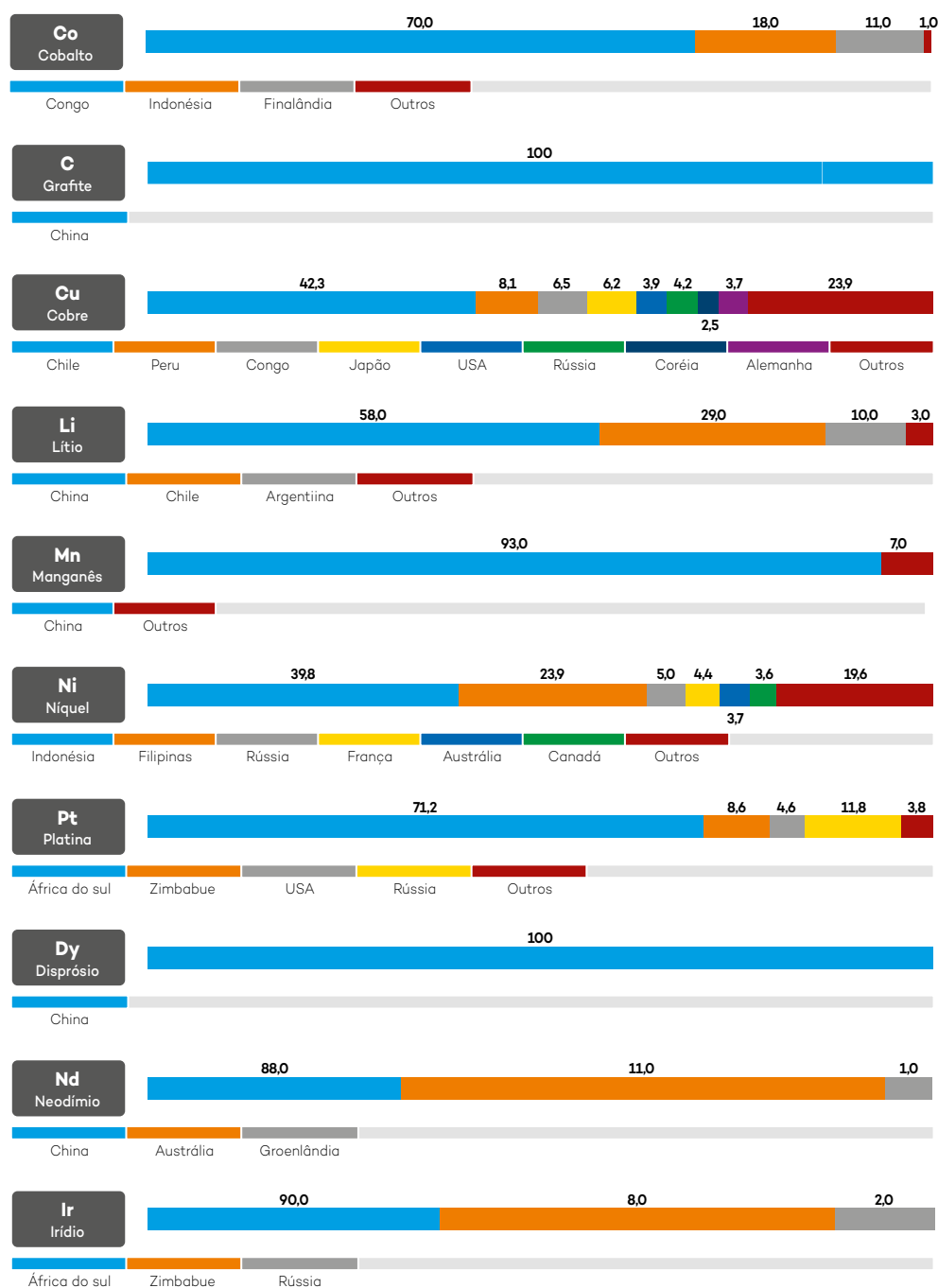
O estabelecimento de mecanismos de financiamento, capacitação de mão-de-obra e investimentos de longo prazo em tecnologias para pesquisa mineral, bem como em pequenas e médias empresas podem contribuir para o fortalecimento do setor e a especialização da aplicação de diferentes materiais por meio da inovação. Empresas tradicionais de grande porte têm investido em startups nacionais e internacionais com o intuito de aprimoramento de processos e produtos por meio de inovação tecnológica.

Figura 10: Principais países atuando na mineração de minerais críticos selecionados.



Fonte: US Geological Survey and US Department of the Interior, 2023; JRC, 2020 apud (IRENA, 2023)

Figura 11: Principais países atuando no processamento/refino de materiais críticos e estratégicos.



Nota: * Dados mais recentes disponíveis até 2023; América = Canadá, México e Estados Unidos; * 2021. Fonte: US Geological Survey *et al.*, 2023; WPIC, 2022; AngloAmerican, 2022; Implats, 2022; Erickson, 2022; LeadLeo, 2022; OEC, 2023; Mining.com, 2021; Mitchell and Deady, 2021; NVM, 2021; QYResearch, 2023; IRENA, 2022a; S&P, 2023 *apud* (IRENA, 2023)

2.3 Competitividade dos minerais críticos e estratégicos

A competitividade do setor mineral é determinada principalmente pela qualidade dos recursos naturais, ou seja, a relação entre a tonelagem e o teor de suas reservas. Países com melhores reservas têm mais potencial para obter uma maior participação na produção mundial de determinados bens minerais, pois volume, teor de minério e profundidade dos recursos no subsolo são fatores inalteráveis por quaisquer tipos de políticas públicas. Em longo prazo, contudo, não há garantias sobre a qualidade do teor do minério, embora a pesquisa geológica possa ajudar no planejamento de médio prazo. As minas subterrâneas, em geral, possuem custos unitários de produção maiores quando comparados com minas à céu aberto, mas mesmo nestes casos, com o aumento da produção, a profundidade da cava em minas à céu aberto é um fator que contribui para o aumento dos custos absolutos.

Uma outra categoria de competitividade na mineração é a competitividade planejada ou política, que deve ser apreciada, por no mínimo, duas características fundamentais desta atividade: a renda econômica³⁸ e os custos de implantação (Boeira, 1999). Segundo Peck *et al.* (1992) *apud* Boeira (1999), estas duas características fazem do risco político um importante fator para as decisões das empresas de mineração. A estimativa desse risco é a mais visível manifestação da importância da análise das políticas públicas para a análise econômica e tomada de decisões no setor mineral.

Os aspectos geopolíticos e geoeconômicos parecem ganhar cada vez mais importância na liderança do processo decisório para pesquisa, extração e transformação mineral, redefinindo o mapa da mineração mundial (Favas, 2023)³⁹. No entanto, por diferentes razões que pendem entre tipo de matriz energética, demanda produtiva, consumo de bens acabados, a previsão da demanda por materiais críticos e estratégicos ainda é uma meta complexa. Estudos recentes apontam a forte relação entre geração de energia e consumo de recursos minerais, sugerindo o

38 Renda econômica diz respeito ao diferencial de lucro obtido pelos produtores de minas com alto teor em relação à média (Crowson, 2009).

39 Favas, 2023. The Economist. <https://www.economist.com/the-world-ahead/2023/11/13/demand-for-green-metals-will-redraw-the-global-mining-map>

aumento da pegada ecológica a partir do aumento do consumo energético (Kang *et al.*, 2023)⁴⁰.

As estruturas de custos e as técnicas de extração mineral são muito similares, independentemente do local onde aconteça a atividade, mas a economia relativa da mineração, contudo, será influenciada pelas condições e políticas governamentais locais. Segundo Crowson (1992) *apud* (Boeira, 1999), tanto os níveis absolutos de custo em relação a média mundial e as variações nos custos relativos são indicadores importantes da competitividade. Os primeiros dizem respeito a fatores geográficos e geológicos (dotação natural) e os segundos ao ambiente macro e micro-econômico de cada país, tais como taxas de inflação, câmbio, mercado de trabalho, ambiente de negócios e regulatório, políticas públicas etc. Para Peck *et al.* (1992) *apud* (Boeira, 1999), em longo prazo, a produção sempre irá se deslocar para as regiões com menores custos de produção.

De acordo com Peck *et al.* (1992) *apud* Boeira (1999), sabe-se que a competitividade natural em mineração supera quaisquer esforços de políticas públicas por duas razões principais: consequências inesperadas e políticas contraditórias. No primeiro caso, por exemplo, subsídios a produtores de alto custo drenam recursos do país concesso ou aumentar os preços para se ajustar aos produtores com altos custos podem atrair novos produtores, tornando-se difícil manter o patamar elevado destes preços em longo prazo. Políticas contraditórias, por sua vez, são aquelas em que diferentes políticas públicas se anulam mutuamente ou criam conflitos. Por exemplo, uma tarifa de importação para proteger uma indústria local pode ser anulada se, ao mesmo tempo, políticas energéticas elevem o custo de produção dessa mesma indústria. As políticas de câmbio podem refletir o efeito líquido da competitividade de um país em termos das suas exportações ou refletir apenas a manipulação governamental deliberada para acelerar a competitividade de setores escolhidos. Mudanças nas políticas de câmbio também podem ter efeitos mistos, podendo inclusive levar empresas a relaxar o controle de custos, podendo chegar a inviabilizar a produção.

A competitividade do setor mineral também pode ser entendida a partir do seu volume de produção (*high-volume*) ou produção de bens minerais de valor mais alto (*high-value*). No caso de bens minerais que são produzidos e utilizados em larga escala, cujos preços são mais baixos, menores custos de produção são vitais para sua competitividade. O teor do minério e outras características físicas e químicas, em geral, deter-

⁴⁰ Kang *et al.*, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104048>

minam em grande parte sua competitividade, a exemplo dos minérios de ferro, carvão, alumínio, minerais industriais, material para construção civil etc. Os bens minerais de alto valor, por sua vez, possuem maiores preços e utilização mais restrita, tais como ouro, metais do grupo da platina, elementos de terras raras e, mais recentemente, lítio, cobalto etc. Ou seja, é possível entender as diferenças entre produção de minerais em larga escala ou de maior valor unitário a partir de padrões de produção. Minerais produzidos em larga escala são mais padronizados/ menos diferenciados (*commodity*), tem maior tamanho de mercado potencial, menos vulneráveis a problemas de gestão das empresas, pode inibir a introdução de novas tecnologias etc. Minerais de alto valor, por sua vez, são menos padronizados/mais diferenciados (*specialty*), com menor mercado potencial, requerem mais esforço no desenvolvimento de clientes, são mais vulneráveis à gestão e a fragmentação pode inibir o crescimento do mercado (Hegenberg, 1994).

2.3.1 **Análise do potencial geológico nacional no contexto dos minerais críticos e estratégicos**

Pesquisas com modelagem geológica 3D e uso de drones no mapeamento são estratégias utilizadas para atualizar os dados geológicos no Brasil, o uso de inteligência artificial também é tema de estudo na SGB. A maior interação e aderência dos projetos com as demandas setoriais é uma prioridade para a Divisão de Projetos Especiais e Minerais Estratégicos (DIPEME) do SGB, que também tem buscado interação internacional através da participação em fóruns internacionais e em parcerias. Os estudos geológicos possibilitam dados de grande relevância para o setor mineral, tanto em termos de toneladas produzidas quanto de recursos financeiros obtidos e mesmo de empregos gerados pela cadeia produtiva. E os Serviços Geológicos têm papel fundamental nesta recomposição de desempenho, pois são as instituições que geram informações básicas para atrair a iniciativa privada (Andriotti, 2020). O déficit no mapeamento geológico brasileiro, sobretudo para a Amazônia e para o Centro-Oeste, justifica a importância do investimento para o desenvolvimento pleno do setor mineral no sentido de disponibilizar dados geofísicos e dar suporte às pesquisas minerais.

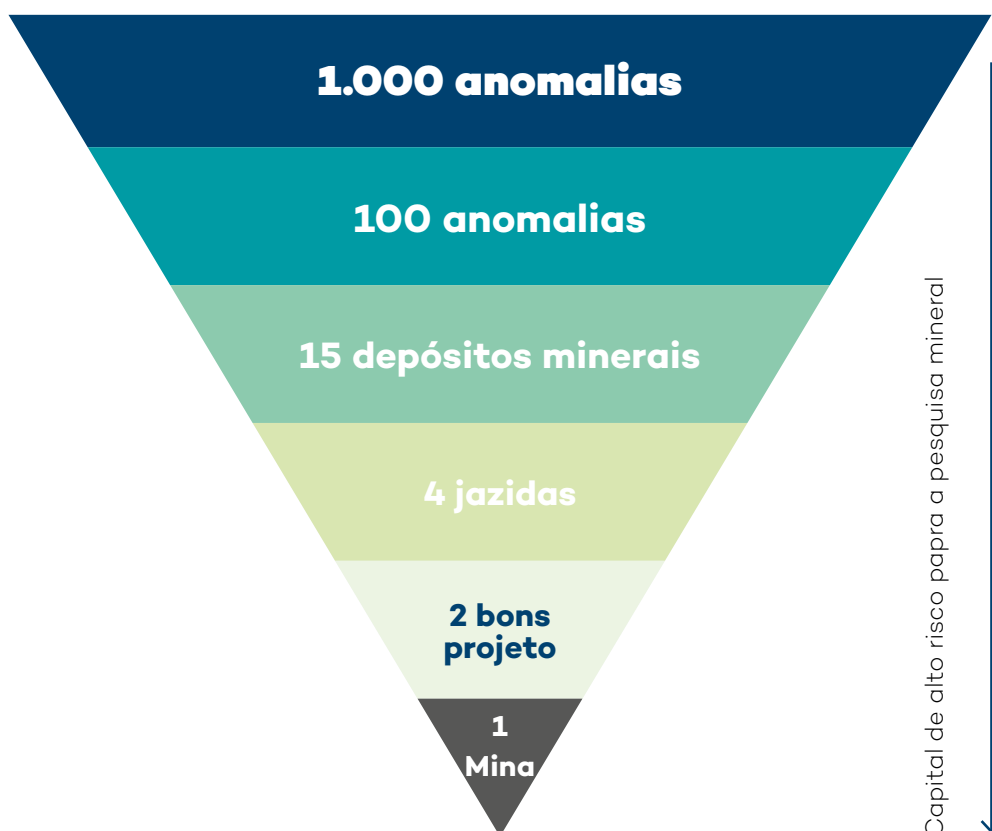
O SGB está retomando o mapeamento básico estratégico e trabalhando em duas importantes ferramentas de informação integrada para o setor da mineração, o aperfeiçoamento da base GEO (GeoSGB) e a elaboração da plataforma P3M. O acervo de dados da P3M contemplará aspectos

geocientíficos, técnico-econômicos, regulatórios, socioeconômicos e socioambientais relacionados a toda a cadeia, desde a pesquisa mineral até a indústria de transformação.

Um desafio para a mineração no Brasil é o tempo de estruturação da produção mineral, desde a análise do potencial geológico até a efetiva produção do bem mineral. Aliado ao baixo grau de processamento exigido para maior parte das *commodities* exportadas, o setor possui um significativo potencial para agregação de valor aos produtos. Estima-se que cada 1.000 áreas prospectadas resultem em apenas uma mina com potencial para efetivamente seguir para a produção. As licenças ambientais possuem um período médio de concessão entre 5 e 10 anos e a insegurança fiscal e jurídica são aspectos que comprometem o desenvolvimento do setor.

Os riscos de que um prospecto mineral não chegue a se tornar uma mina é muito alto, conforme apresentado na Figura 12 a seguir.

Figura 12: Riscos inerentes à pesquisa mineral.



Fonte: Adaptado de IBRAM, 2015.

O alto risco da pesquisa mineral impacta diretamente nos investimentos externos. A redução do protagonismo do Brasil no setor mineral dos últimos anos, por sua vez, reduziu os investimentos governamentais no reconhecimento do substrato brasileiro. O subdimensionamento do mapeamento geológico vem impactando na estruturação de estratégias de médio e longo prazo para o setor, bem como na estruturação de políticas públicas. A identificação da dotação mineral do país possibilita o direcionamento de esforços no sentido de direcionamento de investimentos para a consolidação de infraestrutura adequada para a produção no setor e agregação de valor aos recursos naturais disponíveis. Para tanto, encontra-se em tramitação o Projeto de lei para Incentivo à Pesquisa Mineral cujo objetivo principal é a intensificação da descoberta de jazidas e a produção mineral no Brasil (Projeto de Lei nº 5.424 de 2023).

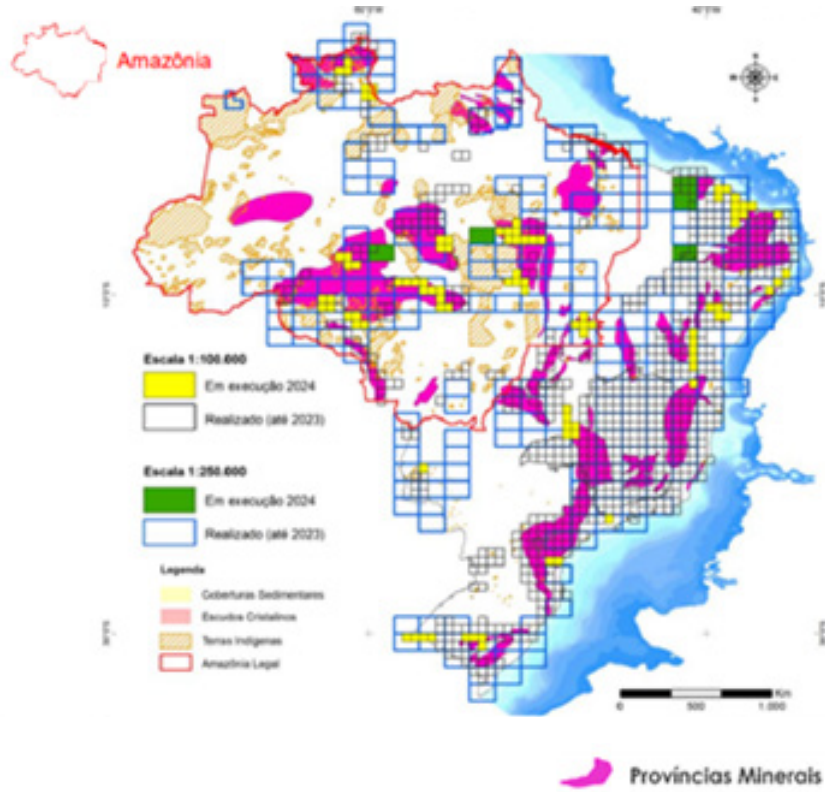
Destaca-se a importância da ampliação de investimentos na pesquisa mineral e fortalecer as Instituições de C&T e de fiscalização são apenas o primeiro passo. Estimular a aplicação da CFEM para PD&I e para a diversificação produtiva do território, e rever o código mineral brasileiro são outras prioridades do setor. A Frente Parlamentar da Mineração Sustentável⁴¹, criada em março de 2023 e composta por deputados e senadores, e tem, entre suas finalidades, possibilitar a melhor aplicação da CFEM.

A Portaria Nº 51 de 2022, do Ministério de Minas e Energia, instituiu a consolidação e disponibilização com acesso público de uma base de dados integrada sobre levantamentos geológicos, geoquímicos e geofísicos produzidos por titulares de direitos minerários. As informações podem promover maior eficiência na exploração e produção dos insumos minerais e aumentar o potencial dos MCE.

O Sistema de Informação Geográfica da Mineração (SIGMINE), uma plataforma online desenvolvida e operacionalizada pela ANM, possibilita a visualização dos processos minerários ativos no país de modo georreferenciado.

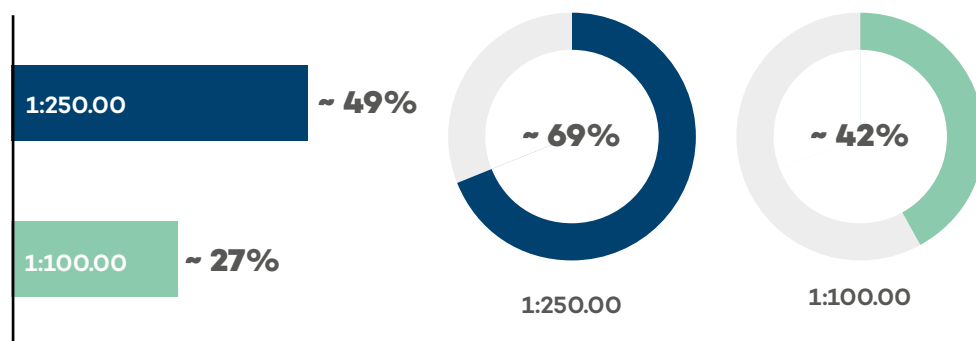
⁴¹ <https://mineracaosustentavel.org.br/>

Figura 14: Estágio atual do conhecimento geológico básico no Brasil.



% cobertura mapeamento Brasil

% cobertura mapeamento escudos cristalinos



Fonte: Serviço Geológico do Brasil – 2024.

O Plano Decenal de Mapeamento Geológico Básico e Levantamento de Recursos Minerais (PlanGeo 2025-2034), lançado em 13 de março de 2024 pelo Serviço Geológico Brasileiro (SGB, 2024⁴²), tem como propósito o monitoramento de forma contínua, a partir de metas mensuráveis, as atividades de mapeamento geológico e levantamento das reservas minerais brasileiras, possibilitando a identificação de áreas prioritárias. Destaca-se o interesse governamental no conhecimento aprofundado dos minerais de interesse para a transição energética e a segurança alimentar.

As principais ações do PlanGeo 2025-2034, compreendem:

- Manutenção das escalas 1:250.000 e 1:100.000 como principais referências, mas com flexibilidade para mapeamento de maior detalhe (1:50.000 e 1:25.000), de acordo com as demandas ao longo do período.
- Ampliação da cartografia 1:100.000 em províncias minerais, distritos mineiros e áreas de mais alto potencial para novas descobertas minerais.
- Ampliação da cartografia 1:250.000 em setores de mais baixo conhecimento geológico, especialmente nas porções mais interiores da Amazônia e bacias sedimentares fanerozoicas.
- Seleção e priorização de áreas para mapeamento com base no interesse geológico, sem restrições conceituais rígidas para áreas amazônicas ou não amazônicas.
- Grandes áreas com restrições de acesso, como Terra Indígenas e Unidades de Conservação de Proteção Integral, não são consideradas no processo de hierarquização de prioridades.

Algumas características intrínsecas das atividades de pesquisa mineral e de mineração que influenciam na realização do potencial mineral são: i) a rigidez locacional, visto que os depósitos minerais ocorrem onde a natureza os originou, em geral em áreas remotas; ii) o alto custo e o longo tempo de prospecção e da implantação de uma mina; iii) a existência de infraestruturas energética e de transporte adequadas; iv) o alto risco dos empreendimentos; v) a exigência de recursos financeiros substanciais; e vi) a estabilidade jurídica do setor.

A pesquisa mineral constitui o primeiro estágio no processo de suprimento mineral para a sociedade. A pesquisa é desenvolvida nas seguintes eta-

42 PLANGEO 2025-2034 - https://www.sgb.gov.br/mapeamento_geologico/plangeo.html

pas: i) elaboração do programa de exploração, ii) reconhecimento regional e seleção de alvos, iii) exploração detalhada, iv) avaliação de prospecto ou alvo, e v) estudo de viabilidade econômica. Por outro lado, a pesquisa mineral pode ser qualificada como *greenfield* e *brownfield*, dependendo da taxa, menor ou maior, de trabalhos de pesquisa efetuados previamente na área a ser pesquisada.

O conhecimento atual da geologia e da metalogenia das províncias e distritos minerais nacionais é ainda insuficiente para orientar devidamente a prospecção mineral. Em países como Canadá, Austrália e a África do Sul, as províncias minerais e os distritos mineiros possuem mapas geológicos nas escalas 1/20.000 ou 1/50.000. No Brasil, mesmo na Região Leste, são poucos os distritos mineiros mapeados na escala 1/50.000.

Na Região Amazônica os mapeamentos geológicos em execução são apenas em escala de reconhecimento (1/250.000) e, muito localmente, de 1/100.000. As províncias e distritos mineiros brasileiros são ainda muito poucos conhecidos, bem como os modelos e controles da maior parte dos depósitos minerais nelas existentes. Ressalta-se que o risco de investimento em pesquisa mineral é reduzido com o aumento do grau de conhecimento geológico dos territórios.

O conhecimento sobre a metalogenia, tipologia, características e controles de muitos depósitos minerais do Brasil são fundamentais para orientar corretamente os trabalhos de prospecção e pesquisa mineral das empresas *majors* e *juniors*.

A integração de dados digitais visando à definição de alvos exploratórios nas escalas continental, regional e de distrito é uma atividade fundamental para o progresso da mineração global. Numerosas técnicas matemáticas e estatísticas e programas computacionais foram desenvolvidos, principalmente a partir da década de 1980, para o reconhecimento de padrões em dados espaciais, permitindo uma utilização eficaz dos dados de exploração gerados cumulativamente por empresas governamentais e privadas.

Os mapas de favorabilidade como ferramenta de prospecção mineral, desenvolvidos pelo Serviço Geológico Brasileiro, são gerados através de modelos de previsão. Estes modelos se baseiam na análise integrada de dados de diversas fontes, incluindo geológicos, geofísicos, geoquímicos e de sensoriamento remoto. A expansão da pesquisa mineral, motivada pela necessidade de técnicas exploratórias ambientalmente neutras e eficientes em custo e tempo, tem impulsionado o desenvolvimento desses modelos. Para a implementação desses modelos, são frequentemente utilizadas ferramentas disponíveis em Sistemas de Informações Georreferenciadas (SIG).

Sobre os investimentos em pesquisa mineral no Brasil, uma análise dos dados no site da S&P *Global Market Intelligence*, em dezembro de 2021, revelou que o Brasil tinha 50 empresas com orçamentos para investimento em pesquisa mineral (*greenfields* e *brownfields*) totalizando US\$ 250 milhões naquele ano. À parte Vale, Nexa e Bemisa, sediadas no Brasil, as demais 47 empresas são sediadas em países como Canadá, Austrália, EUA, Reino Unido e África do Sul.

Uma tendência observada foi que, na análise de relatórios de algumas das empresas, as pesquisas tecnológicas (em escala de laboratório ou piloto) para os projetos em desenvolvimento são realizadas em laboratórios localizados nos países onde as empresas ficam sediadas. Compreensivelmente, as empresas preferem os laboratórios com que estão familiarizadas e que apresentam credibilidade junto aos investidores. Em nossa opinião, essa pesquisa tecnológica, nos casos verificados, poderia ser feita em laboratórios no Brasil.

Estima-se que entre 5 e 10% do orçamento de pesquisa mineral são destinados a ensaios/testes metalúrgicos, ou seja, algo como R\$ 100 milhões ao ano poderiam ser destinados à realização de experimentos tecnológicos no Brasil. Isso pode criar vínculo de confiança entre as empresas e as ICTs do Brasil desde o início dos projetos, fortalecendo o ecossistema de inovação da mineração por aqui. Portanto, há espaço para disseminar a capacitação para serviços tecnológicos e PD&I das ICTs e laboratórios localizados no País, e incentivar as empresas, muitas delas empresas juniors, a realizarem aqui as análises e os ensaios tecnológicos para definição das rotas de processo.

Conforme estabelecido no art. 53 da Lei nº 4.506 de 1964⁴³, há previsão de abatimento dos impostos das despesas com pesquisas tecnológicas e mineral, incluindo “prospecção e cubagem de jazidas ou depósitos, realizadas por concessionários de pesquisas ou lavra de minérios, sob a orientação técnica de engenheiro de minas.” Na mesma linha, a Lei nº 11.196 de 2005, também conhecida como Lei do Bem, concede incentivos fiscais para empresas que investem em projetos de PD&I, até 34% do valor investido.


Embora a pesquisa mineral não seja estritamente uma atividade de PD&I, como é definida nos manuais de inovação, considera-se que é uma atividade de alto risco, tal como a atividade de PD&I, que visa alcançar a inovação tecnológica. Assim propõe-se equiparar, para efeito de benefício fiscal, as despesas com atividades de pesquisa mineral e em desenvolvimentos

43 https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4506.htm

de rotas tecnológicas às despesas de PD&I tradicionais, para o usufruto da Lei do Bem. Deve ser analisada a situação de empresas em projetos que ainda não produzem e não têm imposto de renda a pagar, talvez com abatimento de tributos de outras empresas do empreendedor ou a possibilidade de abater quando a empresa estiver em operação.

Deve-se cuidar que um regime especial para pesquisa mineral garanta que os recursos públicos sejam utilizados de forma eficiente e transparente, e que beneficie empresas de todos os portes, de *juniors* a *majors*, ponderando os benefícios e os riscos da medida, bem como os impactos na economia, no meio ambiente e na sociedade.

2.4 Minerais estratégicos para produção de fertilizantes

 Brasil responde por 8% do consumo global de fertilizantes, é o quarto maior consumidor mundial, atrás da China, Índia e EUA. O potássio é o nutriente mais utilizado (38%), seguido por fósforo (33%) e nitrogênio (29%). A dependência de importações, que representam mais de 80% dos fertilizantes usados, expõe o País a vulnerabilidades do mercado internacional. Soja, milho e cana-de-açúcar representam mais de 73% do consumo brasileiro de fertilizantes e são os principais produtos e derivados exportados pelo Brasil.

Pela importância econômica da agricultura para o país e a necessidade de fertilizantes para manter a produtividade, a alta dependência externa fósforo e potássio, especialmente este último (mais de 95%), caracteriza no Brasil o exemplo de criticidade, no conceito geralmente adotado nos países avançados, quanto ao risco de interrupção de fornecimento externo e o impacto decorrente em setores industriais de importância econômica para o país. No caso do Brasil, além da preocupação com a garantia de suprimento, há também a questão do preço, pois em situações de aumento inesperado ocorre elevação significativa dos custos no campo, podendo afetar a competitividade, especialmente dos produtos agrícolas exportados.

O Plano Nacional de Fertilizantes – PNF 2050 foi lançado em 2022, revisado e relançado em novembro de 2023, agora sob a supervisão do MDIC. O PNF 2050 visa aumentar a produção nacional, desenvolver tecnologias adequadas ao ambiente brasileiro, apoiar o produtor rural e promover políticas fiscais favoráveis, buscando estabilidade de preços e aumento de produtividade,

além de fortalecer a competitividade do agronegócio brasileiro no mercado internacional. A seguir, faz-se uma síntese das análises referentes a fosfato e potássio com base essencialmente no PNF 2050, complementando e atualizando-se com dados mais recentes de outras fontes.

2.4.1 Potássio

BENCHMARKING INTERNACIONAL

Esta síntese destaca a importância do potássio na agricultura global e na brasileira, o potencial de crescimento na produção e no mercado, especialmente considerando as demandas futuras e a posição do Brasil como um importante *player* na produção de alimentos.

Reservas e Produção de Potássio em 2023 (USGS)

Reservas*	¹⁹ K Potássio	Produção
3,6 Gt (K₂O eq)		396 Mt (K₂O eq)
(1) Canadá = 31%		(1) Canadá = 33%
(2) Bielorrússia = 21%		(2) Rússia = 17%
(3) Rússia = 18%		(3) China = 15%
(4) EUA = 6,1%		(4) Bielorrússia = 9,7%
(5) China = 5,0%		(5) Alemanha = 6,7%
(12) Brasil = 0,1%		(12) Brasil = 0,5%
Outros = 19%		Outros = 18%

*Recursos = 250 Gt. Reservas lavráveis (ROM) = 11 Gt

- **Reservas Mundiais:** Em 2023, as reservas de minérios de potássio, em K₂O equivalente, totalizam 3,6 bilhões de toneladas, com a seguinte participação: Canadá (31%), Bielorrússia (21%), Rússia (18%), EUA (6,1%) e China (5,0%). O Brasil está em 12º lugar no ranking com apenas 2,3 Mt e 0,06% das reservas (USGS, 2024).
- **Produção Mundial:** As quatro principais empresas produtoras de potássio respondem por cerca de 70% da produção mundial. São as canadenses

Nutrien e Mosaic, a bielorrussa Belaruskali e a russa Uralkaliy. A oferta é influenciada por fatores como condições operacionais, variações cambiais e inflacionárias, e expansão das áreas agriculturáveis. As principais minas situadas em depósitos de classe mundial ao redor do globo são operadas principalmente pelas canadenses K+S Potash, Mosaic e Nutrien, a russa Uralkaliy, a bielorrussa Belaruskali e a israelense ICL Group.

Figura 15: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Potássio no Brasil (2024)



Elaboração: Jazida.com, base de dados ANM 2024.

DIAGNÓSTICO

Este diagnóstico ressalta a importância do potássio para a agricultura brasileira, destacando a necessidade de expandir a produção nacional para reduzir a dependência de importações e apoiar o crescimento do setor agrícola.

- **Importações:** O Brasil historicamente depende da importação de potássio, uma dependência que tem aumentado com o crescimento da produção agrícola. Em 1980, o país tornou-se o 2º maior importador mundial de potássio. O Brasil foi o 2º maior consumidor de K_2O equivalente, com 17% do consumo (7,0 Mt), atrás da China, com 27% (12 Mt). A seguir, as quantidades importadas de K_2O nos últimos anos: 2019 = 6,4 Mt; 2020 = 6,8 Mt; 2021 = 7,9 Mt; 2022 = 7,0 Mt e 7,0 Mt em 2023. Segundo a Comex, as importações de óxidos, cloretos e sulfatos de potássio totalizaram US\$ 5,2 bilhões em 2023.
- **Reservas Nacionais:** As principais reservas brasileiras de sais de potássio estão em Sergipe (silvinita e carnalita) e Amazonas (silvinita). Em Sergipe, em Rosário do Catete, um projeto potencialmente significativo de carnalita encontra-se em avaliação há muitos anos, com reservas estimadas em 1,5 bilhão de toneladas de K_2O equivalente. A Mosaic Fertilizantes é a atual arrendatária da área, a qual não é considerada no PNF para entrar em operação nas próximas décadas. No Estado do Amazonas, em Autazes, Itacoatira e Nova Olinda, há reservas importantes de silvinita, em áreas requeridas pela Petrobras e também pela empresa Potássio do Brasil. Esta desenvolve um projeto em Autazes, que obteve sua licença de instalação em abril de 2024, com previsão de produzir 2,2 Mt de K_2O equivalente a partir de 2027. Na atualidade, constam no Cadastro Mineiro da ANM 75 processos minerários para rocha potássica.
- **Produção Nacional:** A única produção interna de KCl começou em 1985, com o complexo Mina/Usina Taquari-Vassouras, em Sergipe. Inicialmente foi operado pela Petromisa, depois pela Vale e agora pela Mosaic Fertilizantes. A produção brasileira de K_2O equivalente nos últimos anos foi: 2019 = 249 kt; 2020 = 250 kt; 2021 = 213 kt; 2022 = 193 kt. Em 2023, a produção atingiu 200 kt (USGS, 2024). Vê-se que o projeto da Potássio do Brasil, abordado acima, em operação vai multiplicar por 10 a atual produção nacional atual.
- **Origem das Importações:** A participação dos principais países de origem das importações brasileiras, em quantidade, era a seguinte, em 2022: Canadá (32%), Rússia (26%), Bielorrússia (18%) e Israel (11%). Em 2023,

continuou o predomínio dos mesmos países: Canadá (40%), Rússia (35%), Israel (9,0%) e Bielorrússia (8,6%).

- **Projeção da Oferta:** A oferta de fertilizantes potássicos deverá crescer significativamente, refletindo a viabilização e entrada em operação de vários projetos. Espera-se um aumento da produção para 8,7 Mt de K_2O contido até 2035.
- **Projeção da Demanda da Dependência de Importações:** A demanda por potássio no Brasil deverá continuar crescendo, impulsionada pelo crescimento da população, PIB e melhor distribuição de renda e prevê-se que a dependência de importações diminuirá significativamente até 2050, refletindo o aumento da oferta nacional.
- **Análise Estratégica:** A cadeia produtiva de fertilizantes potássicos no Brasil tem oportunidades de crescimento, dada a proximidade das principais regiões produtoras aos polos de demanda. Porém, a alta dependência de importações e a capacidade ociosa dos produtores internacionais são desafios significativos.

VISÃO DE FUTURO

A visão de futuro delinea um caminho para a redução da dependência de importações e o fortalecimento da produção nacional, alinhada com o crescimento da demanda interna e o desenvolvimento sustentável do setor agrícola.

- **Redução da Dependência de Importações:** O Brasil busca reduzir sua alta dependência de importação de potássio (97%), visando o crescimento sustentável da produção interna de fertilizantes potássicos devido à crescente demanda interna impulsionada pela expansão da produção agrícola.
- **Estímulo à Produção Nacional:** As vulnerabilidades decorrentes da dependência de importações servem como estímulo para alavancar a produção nacional de cloreto de potássio (KCl), óxido de potássio (K_2O) de fontes sedimentares, em depósitos evaporíticos e de rochas silicáticas, bem como a reciclagem de fontes residuais minerais e organominerais.
- **Marco Regulatório e Pesquisa:** A visão inclui o estabelecimento de um marco regulatório sólido, órgãos públicos eficientes, uma rede de pesquisa agrogeológica avançada e laboratórios certificados para fortalecer a cadeia produtiva do potássio.

- **Desenvolvimento de Fontes Alternativas:** Incentivo ao desenvolvimento e utilização de remineralizadores e outras fontes alternativas de K_2O .
- **Investimentos em PD&I:** Investimentos crescentes em pesquisa, desenvolvimento e inovação para desenvolver novas tecnologias e aumentar a produtividade da indústria nacional de fertilizantes potássicos.



METAS ATÉ 2050⁴⁴:

- 2025: Avanços nas pesquisas geológicas para descoberta de novas jazidas e aumento da produção nacional para cerca de 1 Mt/ano de K_2O .
- 2030: Ampliação das reservas nacionais para 4,3 bilhões de toneladas de K_2O e produção nacional atingindo 6,3 Mt/ano de K_2O .
- 2040: Reservas nacionais próximas a 5,3 bilhões de toneladas de K_2O e produção nacional aproximando-se de 10,3 Mt/ano de K_2O .
- 2050: Reservas atingindo 8 bilhões de toneladas de K_2O e produção nacional crescendo para 14,6 Mt/ano de K_2O .

⁴⁴ Fonte: Plano Nacional de Fertilizantes, 2050 - Pág. 136. Em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/confert/pnf/pnf-v-08-06-12-23.pdf>

2.4.2 Fosfato

BENCHMARKING INTERNACIONAL

O *benchmarking* destaca os aspectos críticos e tendências da indústria global de fosfato, abordando desde a produção e reservas até desafios tecnológicos e ambientais. As principais constatações incluem:

Reservas e Produção de Fosfato em 2023 (USGS)

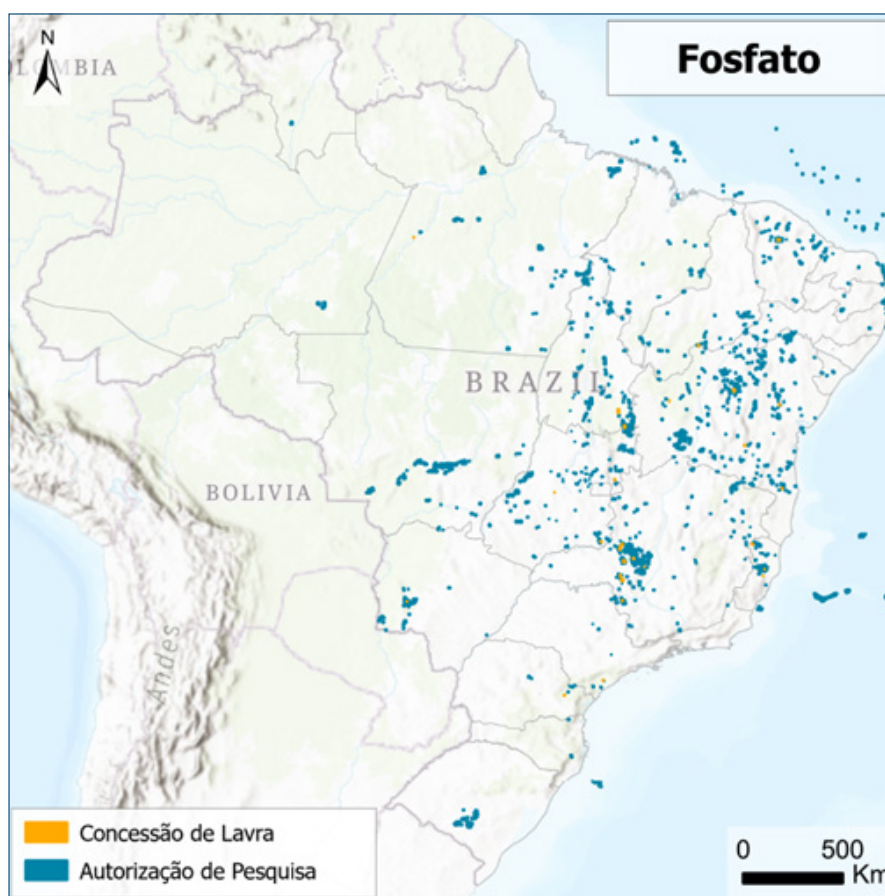
Reservas*	15 P Fósforo	Produção
746 Gt (rocha)		220 Mt (rocha)
(1) Marrocos = 70%		(1) China = 41%
(2) China = 5,1%		(2) Marrocos = 16%
(3) Egito = 3,8%		(3) EUA = 9,1%
(4) Tunísia = 3,4%		(4) Rússia = 6,4%
(5) Rússia = 3,2%		(5) Jordânia = 5,5%
(7) Brasil = 2,2%		(6) Brasil = 2,4%
Outros = 12%		Outros = 20%

*Recursos=300 Gt

- Reservas Mundiais:** As reservas mundiais de rocha fosfática, em 2023 (USGS, 2024) são estimadas em 74 bilhões de toneladas, com Marrocos detendo cerca de 70%, seguido muito de longe pela China (5,1%). Na sequência, Egito (3,8%), Tunísia (3,4) e Rússia (3,2%). Depois vêm Argélia (3,0%) e o Brasil em 7º lugar (2,2%), com 1,6 bilhão de toneladas. A maioria dos depósitos de fosfato é de origem sedimentar, seguidos por depósitos de origem ígnea. Depósitos significativos de fosfato magmático são encontrados em países como Rússia, Brasil e África do Sul.
- Produção Mundial:** A produção em 2023 alcançou 220 Mt. Os maiores produtores mundiais de rocha fosfática foram: China (41%), Marrocos (16%) e EUA (9,1%), Rússia (6,4%), Jordânia (5,5%) e Brasil (2,4%), com 5,3 Mt. Estes seis países responderam por cerca de 80% da produção. A China dobrou sua produção entre 2009 e 2017.
- Empresas Mundiais:** As principais empresas mundiais produtoras de fosfato são: Mosaic (EUA, Brasil), S.A. OCP (Marrocos/Saara Ocidental), Nutrien (Canadá), EuroChem (Suíça), Innophos (EUA), ICL (Israel), Jordan Phosphate Mines Co. PLC (Jordânia), PhosAgro (Rússia) e Ma'aden-Saudi Arabian Mining Co. (Arabia Saudita).

- **Exportação e Demanda:** As exportações são dominadas pelos países do norte da África, com importantes produtores como China e EUA focando mais no abastecimento doméstico.
- **Aspectos Tecnológicos e Ambientais:** A principal tecnologia de concentração de minérios de fosfato é a flotação. O processamento de minérios com impurezas como carbonatos apresenta desafios significativos. O aproveitamento de fosfogesso, um resíduo da fabricação de ácido fosfórico, é crucial devido a preocupações ambientais.
- **Projeções Futuras:** Existe uma preocupação com a diminuição dos teores de P_2O_5 em minas importantes e uma tendência à importação de rocha fosfática. A indústria tende a se verticalizar, com produtores convertendo rocha fosfática em ácido fosfórico.

Figura 16: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Fosfato no Brasil (2024)



Elaboração: Jazida.com, base de dados ANM 2024.

DIAGNÓSTICO

O diagnóstico ressalta a importância do setor de fosfato no Brasil, abordando suas reservas, produção, desafios, dependência de importações e as perspectivas de crescimento e inovação futuros, destacando os seguintes pontos:

- **Produção Nacional:** Em 2019, 2020, 2021 e 2022, produção nacional de concentrado fosfático foi de 4,7; 5,5; 6,0 e 5,5 Mt, respectivamente, com teores médios de 33 a 35% de P₂O₅. No Brasil as principais empresas produtoras de fosfato são a Mosaic Fertilizantes (52%), CMOC (20%), Yara (11%), Itafós (5%), Galvani (4%), Mineração Curimbaba (3%), Grupo Scheffler (2%), EDEM (2%) e Mineração Morro Verde (1%). A produção nacional de rocha fosfática se concentra nas minas em Tapira/MG, Salitre/MG, Araxá/MG, Catalão I e II (GO), Cajati/SP, Angico dos Dias/BA, Registro/SP, Arraias/MG, Pratápolis/MG e Bonito/MS. A mina de Patos de Minas/MG, que também era produtora, foi paralisada e, em Lagamar/MG, a reserva está esgotada. Os termofosfatos são produzidos em Poços de Caldas e Pratápolis (MG) e Sapucaia/Bonito (PA).
- **Projetos e Expansão:** Existem planos para novos projetos e expansões, previstos para aumentar a capacidade instalada de 7,9 para 11,4 Mt/ano até 2026, visando reduzir a dependência nacional. São projetos das empresas Yara (Salitre/MG), Itafós (Santana/PA e Arraias/TO), Agua Resources (Três Estradas/RS), Fosnor-Galvani (Santa Quitéria/CE e Irecê/BA) e EDEM (Bonito/MS).
- **Dependência de Importações:** A dependência externa de fosfato, em P₂O₅ contido, tem oscilado entre 65% e 72% nos últimos anos, incluindo a rocha fosfática. Tal situação coloca o País entre os três maiores importadores do mundo, revezando nos últimos anos com a China e a Índia o posicionamento no ranking. Apresentam-se a seguir as quantidades (em P₂O₅ contido) importadas nos últimos anos: 2019 = 2,4 Mt; 2020 = 4,3 Mt; 2021 = 5,6 Mt; e 2022 = 4,4 Mt.
- **Demanda e Consumo:** O consumo aparente de fertilizantes fosfatados foi de 5,2 Mt em 2019, estimando-se 6,0 Mt em 2020. O Brasil enfrenta uma dependência externa de nutrientes de P₂O₅ de 72%. No País, a região Centro-Oeste é responsável por cerca de 40% do consumo nacional de fosfatados, enquanto a região Sudeste responde por 18%, a região Sul por 27% e a as regiões Norte e Nordeste por 15%.

- **Análise Estratégica:** A indústria brasileira de fertilizantes fosfatados tem forças como a localização próxima aos polos de demanda, mas enfrenta desafios como a extrema dependência de importações e a capacidade ociosa dos produtores internacionais. Segundo as estatísticas do Comex, as importações (em P₂O₅ contido) e rochas fosfáticas totalizaram aproximadamente US\$ 145 milhões em 2021, US\$ 246 milhões em 2022 e US\$ 227 milhões em 2023.
- **Origem das Importações:** A participação dos principais países nas importações brasileiras, em quantidade, incluindo rochas fosfáticas era a seguinte, em 2022: Peru (59%), Marrocos (30%), Jordânia (8%) e Argélia (3%).
- **Inovação e Desenvolvimento:** O Brasil possui experiência e inovação na concentração de apatita e no beneficiamento de minérios, incluindo patentes para processos alternativos.

VISÃO DE FUTURO

A “Visão de Futuro” para o setor de fosfato no Brasil foca em reduzir a dependência de importações e estimular a produção interna de rocha fosfática e seus derivados. Essa visão estratégica projeta um cenário onde o Brasil avança de forma contínua e sustentável na produção de fosfato, reduzindo sua vulnerabilidade a fatores externos e fortalecendo sua posição no mercado global de fertilizantes. Esta visão incorpora diversos aspectos, como aprimoramento regulatório, pesquisa, desenvolvimento e infraestrutura, visando a sustentabilidade e eficiência no uso do fósforo na agricultura. Os principais pontos dessa visão incluem:

Redução da Dependência Externa: Atualmente, a dependência brasileira de importações de fosfato é de cerca de 72%. O objetivo é diminuir essa dependência por meio do aumento da produção interna e do uso mais eficiente do fósforo.

Desenvolvimento de Políticas e Regulações: Implementar um marco regulatório que ofereça segurança jurídica e estimule investimentos privados, tanto nacionais quanto estrangeiros, na cadeia de fosfato.

Investimento em Pesquisa e Desenvolvimento: Fomentar pesquisas sobre beneficiamento de minérios de fosfato e aproveitamento de resíduos, incluindo fontes alternativas de fosfato, como fosfato natural e termofosfato.

Aumento da Produção de Enxofre e Ácido Sulfúrico: Melhorar a logística e aumentar a produção desses componentes essenciais na fabricação de fertilizantes fosfatados.

Fortalecimento do Mercado Interno: Desenvolver um mercado interno competitivo e diversificado, com uma variedade de produtores e fornecedores de fertilizantes fosfatados.

Metas até 2050: Estão previstas metas progressivas para ampliar a produção nacional de rocha fosfática e nutrientes em P₂O₅, além de avanços no mapeamento geológico, pesquisa mineral, adequações regulatórias e desenvolvimento de fontes minerais alternativas de fosfato.

Crescimento da Produção e Redução da Dependência de Importação: Espera-se que até 2040 a produção nacional cresça significativamente, reduzindo a dependência de importações para cerca de 22% em fertilizantes fosfatados.

Consolidação da Produção e PD&I: Até 2050, os esforços contínuos em pesquisa e inovação devem permitir ao Brasil desenvolver tecnologias para tornar economicamente viáveis jazidas antes consideradas inviáveis, consolidando assim a cadeia produtiva de fontes minerais alternativas de fosfato.

2.5 Minerais críticos e estratégicos para a transição energética

Dentre o grupo de minerais críticos e estratégicos destaca-se na análise os seguintes: Li, ETR, Ni, Co, Grafita e Mn. Este grupo de materiais tem grande aplicação na transição energética, e deverá ter um crescimento acelerado na demanda nas próximas décadas, na fabricação de baterias e em veículos elétricos e na geração de energias renováveis. São apresentados os dados de reservas e produção da última edição do USGS *Mineral Commodity Summaries*, de 2024 (base 2023), e alguns comentários para cada mineral.

2.5.1 **Lítio**

Os recursos e as reservas mundiais principais de lítio são de salmoura, especialmente na América do Sul, mas o Brasil possui predominantemente reservas de lítio contido em espodumênio, em rocha dura. O País ainda apresenta um nível relativamente modesto das reservas mundiais de lítio, apenas 1,4% do global, com 390 kt de lítio contido.

Reservas e Produção de Li em 2023 (USGS)

Reservas*	³ Li Lítio	Produção	Conversão**
28 Mt (Li)		180 Kt (Li)	180 Kt (LCE)
(1) Chile = 33%		(1) Austrália = 48%	(1) China = 78%
(2) Austrália = 22%		(2) Chile = 24%	(2) Austrália = 5,1%
(3) Argentina = 13%		(3) China = 18%	(3) Chile = 13%
(4) China = 11%		(4) Argentina = 5,6%	(4) Argentina = 3,0%
(5) EUA = 3,9%		(5) Brasil = 2,7%	(5) Portugal = 0,5%
(6) Brasil = 1,4%		(6) Canadá = 1,9%	(6) Brasil = 0,16%
Outros = 16%		Outros = 22%	Outros = 0,24%

*Recursos = 105 Mt. ** Estimativa do Eng. Renato Costa da Ionic Lithium

A China é o país líder na conversão química de lítio, com 78% da produção em 2023, sendo grande importadora de matéria-prima, inclusive do Brasil, que exporta a maioria da produção de concentrado de espodumênio. O Brasil passou a ser o 5º no ranking mundial de produção mineral em 2023, com 4,9 kt de lítio contido, representando 2,7% da produção mundial. E apresenta ainda uma modesta produção de produtos da conversão química, cerca de 0,2% da produção global. A grande parte da conversão química vai ser insumo para a indústria de baterias recarregáveis.

O Brasil atualmente tem três minas de lítio em operação, todas em Minas Gerais. A mina da Cachoeira, operada pela Cia Brasileira de Lítio – CBL, é a mais antiga e é a única empresa que avança na transformação mineral, com a produção de carbonato de lítio para o mercado interno, passando em anos recentes a exportar concentrado de espodumênio. A Mibra é operada pela AMG Brazil, tendo o lítio como um subproduto. A Sigma Lithium iniciou

sua operação em meados de 2023, com a mina Grota do Cirilo, exportando concentrado de espodumênio para a conversão química no destino.

O Vale do Jequitinhonha em Minas Gerais está se tornando um polo de pesquisa mineral e produção mineral, com grande destaque na mídia especializada. As iniciativas coordenadas entre empresas e o governo estadual, o GT do *Lithium Valley*, contribuem para o Brasil desenvolver seu potencial e se tornar protagonista na indústria global do lítio, desenvolvendo a conversão química do concentrado mineral em carbonato e hidróxido de lítio, especialmente de grau bateria. Esse direcionamento pode atrair investimentos para a fabricação de baterias de íons de lítio, agregando mais valor internamente, e mesmo atrair as montadoras de veículos elétricos.

Figura 17: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Lítio no Brasil (2024)



Elaboração: Jazida.com, base de dados ANM 2024.

2.5.2 Terras Raras

O Brasil possui a 3ª maior reserva global, com 21 Mt de óxidos de terras raras (OTR), correspondente em 2023 a 19%. Entrou em operação no final de 2023 o projeto da empresa Serra Verde, em Goiás, que produz um composto químico de ETR a partir de uma jazida de argilas de adsorção iônica. A produção será exportada para separação dos ETR no destino, sendo esta etapa a de mais agregação de valor na cadeia, cerca de 20 vezes. Atualmente, várias empresas estão realizando projetos de pesquisa mineral no Brasil em áreas onde os ETR estão adsorvidos em argilas.

Reservas e Produção de Terras Raras em 2023 (USGS)

Reservas*	ETR elementos de terras raras	Produção
110 Mt (OTR)		350 Kt (OTR)
(1) China = 40%	21 Sc Escândio	(1) China = 69%
(2) Vietnam = 20%		(2) EUA = 12%
(3) Brasil = 19%	39 Y Ítrio	(3) Burma = 11%
(4) Rússia = 9,1%		(4) Austrália = 5,1%
(5) Índia = 6,3%		(5) Tailândia = 2,0%
(6) Austrália = 5,2%	57 La Lantânio	(?) Brasil = 0,02%
Outros = 0,40%		Outros = 5,9%

*Recursos = N.D; OTR = óxidos de terras raras

A China detém 40% das reservas mundiais e responde por 69% da produção mineral, com 240 kt de OTR, das quais menos de 10%, em 2023, tiveram origem em argilas de adsorção iônica. A China domina também o processamento, separação química de óxidos e produção de ímãs permanentes de terras raras.

O Brasil está diante de uma oportunidade para ampliar sua produção de ETR, como terceiro no ranking em reservas, visando aproveitar o crescimento do mercado internacional nos próximos anos. Sob a ótica de políticas públicas e agregação de valor, é recomendável que os Governos incentivem a estruturação de simbioses industriais e a separação dos elementos de terras raras internamente; fomentando a produção de insumos e mesmo os ímãs permanentes, usados em motores elétricos para turbinas eólicas e veículos elétricos.

Figura 18: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Terras Raras no Brasil (2024)



Elaboração: Jazida.com, base de dados ANM 2024.

2.5.3 Níquel

O níquel é destinado principalmente à produção de aço inoxidável e baterias. Trata-se de um elemento metálico de demanda mundial crescente, principalmente por causa das baterias requeridas para os veículos elétricos. As reservas de minério de níquel são distribuídas por vários países, mas a Indonésia tem se destacado, recentemente, na sua produção. O Brasil já teve uma posição mais destacada na indústria global de níquel, mas várias minas fecharam na década passada, devido aos baixos preços e falta de competitividade. O potencial de crescimento de mercado é positivo, principalmente pelo seu uso crescente em baterias de íon-lítio.

Reservas e Produção de Níquel em 2023 (USGS)

Reservas*	²⁸ Ni Níquel	Produção
130 Mt (Ni)		3.600 Kt (Ni)
(1) Indonésia = 42%		(1) Indonésia = 50%
(2) Austrália = 24%		(2) Filipinas = 11%
(3) Brasil = 12%		(3) N. Caledônia = 6,4%
(4) Rússia = 6,4%		(4) Rússia = 5,6%
(5) N. Caledônia = 5,5%		(5) Canadá = 5,0%
(6) Filipinas = 3,7%		(8) Brasil = 2,5%
Outros = 6,4%		Outros = 20%

*Recursos = 350 Mt (54% em laterita e 35% em sulfetos)

As reservas brasileiras de níquel contido são de 16,0 Mt, segundo a USGS (2024). Os principais estados detentores de reservas de minério de níquel são Goiás, Pará, Bahia, Piauí e Minas Gerais. Tais reservas colocavam o Brasil, no ano de 2023, na 3ª posição no ranking mundial, atrás da Indonésia e Austrália.

No Brasil, a mineração de níquel ocorre tanto a partir de minérios de sulfeto quanto de laterita. O crescimento global na oferta de minas de níquel nos últimos anos veio principalmente de fontes de minério de laterita, particularmente da Indonésia, que cresceu na última década para representar 50% da produção global, seguida pelas Filipinas, com 11% da produção.

O Brasil está posicionado em 8º no ranking, produzindo em níquel Classe II (≈75%) ou concentrado sulfetado que é exportado para ser processado em níquel Classe I. Há cinco unidades de produção no País: Barro Alto, Codemin e Americano do Brasil, em Goiás; Onça Puma (PA) e Santa Rita (BA).

O País tem a oportunidade de alavancar seus recursos minerais de níquel. Apresenta a vantagem competitiva de ter uma matriz de energia elétrica com 88% de fontes renováveis e tem a oportunidade de desenvolver projetos de níquel em curso, procurando também atrair investimentos para projetos que agreguem valor na cadeia de produção.

Figura 19: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Níquel no Brasil (2024)



Elaboração: Jazida.com, base de dados ANM 2024.

2.5.4 Cobalto

O cobalto é encontrado geralmente associado a minérios de chumbo, cobre, estanho, níquel, platina, paládio, prata, ouro e manganês e produzido como um coproduto. É utilizado na produção de superligas, ligas resistentes à corrosão, aços rápidos, carbetos, ferramentas de diamante e baterias íon-lítio. O seu radioisótopo é usado como fonte de radiação gama em radioterapia e esterilização de alimentos.

Reservas e Produção de Cobalto em 2023 (USGS)

Reservas*	²⁷ Co Cobalto	Produção
11 Mt (Co)		230 Kt (Co)
(1) RD Congo = 55%		(1) RD Congo = 74%
(2) Austrália = 515%		(2) Indonésia = 7,4%
(3) Cuba = 4,5%		(3) Rússia = 3,8%
(4) Indonésia = 4,5%		(4) Austrália = 2,0%
(5) Filipinas = 2,4%		(5) Madagascar = 1,7%
Outros = 19%		Outros = 11%

*Recursos = 25 Mt

A República Democrática do Congo (RDC) continua em 2023 a ser a principal fonte mundial de cobalto, com 55% das reservas e respondendo por 75% da produção mundial. Até 2017, o Brasil ocupava a 9ª posição no ranking mundial em reservas lavráveis de cobalto, com 70 kt de cobalto contido, mas não há informações atualizadas a respeito desde 2018.

A China é o país líder na produção de cobalto refinado, sendo o maior processador de concentrados e químicos de cobalto, refinando cerca de 70% do suprimento global de cobalto, bem como é o principal consumidor mundial, com mais de 80% de seu consumo sendo usado pela indústria de baterias recarregáveis.

As três minas de níquel que continham cobalto como subproduto que já operaram (Fortaleza de Minas-MG, Americano do Brasil-GO e Niquelândia-GO) encontravam-se paralisadas em 2017, por falta de viabilidade econômica. Outras jazidas de níquel com cobalto associado são Jacaré,

da empresa Anglo American, e Vermelho, da Vale, ambas no Pará, mas estão sem previsão de entrada em produção. O projeto de pesquisa mineral níquel-cobalto Ipatinga, da australiana Centaurus Metals, em São Felix do Xingu-PA, próximo dos depósitos de níquel-cobalto pertencentes às mineradoras Anglo American e Vale, está com as sondagens em curso.

Figura 20: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Cobalto no Brasil (2024)



Elaboração: Jazida.com, base de dados ANM 2024.

2.5.5 Grafita

As reservas de grafita no Brasil, em 2023, eram da ordem de 74 Mt, posicionando o País em 2º no ranking mundial, atrás da China, com 78 Mt. O Brasil é um player importante em grafita por conta de suas reservas e posição de destaque na produção global. No entanto, vem perdendo sua relevância no mercado diante da crescente concorrência internacional. Com efeito, tinha uma participação de cerca de 10% na produção mundial há poucos anos e atualmente participa apenas com cerca de 5%.

Reservas e Produção de Grafita em 2023 (USGS)

Reservas*	6 C Carbono	Produção
280 Mt (X)		1.600 Kt (X)
(1) China = 28%		(1) China = 77%
(2) Brasil = 26%		(2) Madagascar = 6,3%
(3) Moçambique = 8,9%		(3) Moçambique = 6,0%
(4) Madagascar = 8,5%		(4) Brasil = 4,6%
(5) Tanzânia = 6,4%		(5) R. Coreia = 1,7%
Outros = 55%		Outros = %

*Recursos = 800 Mt

Para sair dessa estagnação na produção, o Brasil deve aproveitar suas vantagens e estimular a expansão da produção atual e a atração de novos investimentos para pesquisa e produção mineral. Além disso, é importante também atrair investimentos para avançar no processamento à jusante para agregar valor à sua produção mineral de grafita, aproveitando melhor seu potencial para se estabelecer como um protagonista neste segmento.

Figura 21: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Grafita no Brasil (2024)



Elaboração: Jazida.com, base de dados ANM 2024.

2.5.6 Manganês

O manganês é um metal essencial na indústria global, utilizado em diversas aplicações devido às suas propriedades únicas. O principal uso do manganês é na indústria siderúrgica, onde ele é utilizado para melhorar a qualidade do aço. O manganês também é usado em baterias, através do insumo sulfato de manganês, especialmente em veículos elétricos, e como micronutriente na agricultura e ração animal.

Reservas e Produção de Mn em 2023 (USGS)

Reservas*	²⁵ Mn Manganês	Produção
1.900 Mt (Mn)		20 Mt (Mn)
(1) África do Sul = 32%		(1) África do Sul = 36%
(2) Austrália = 26%		(2) Gabão = 23%
(3) China = 15%		(3) Brasil = 15%
(4) Brasil = 14%		(4) Gana = 4,2%
(5) Ucrânia = 7,4%		(5) China = 3,7%
(2) Gabão = 3,2%		(6) Índia = 3,6%
Outros = 2,4%		Outros = 19%

*Recursos = N.D.

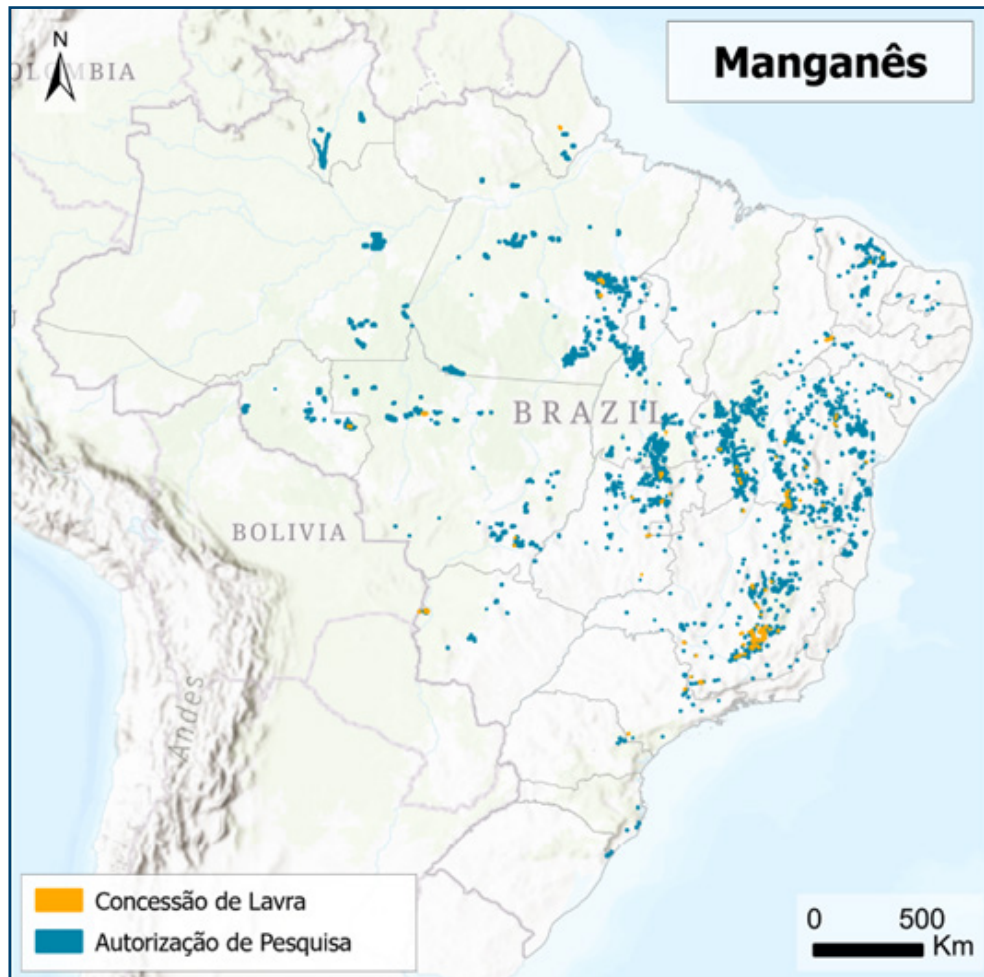
As maiores reservas de manganês estão situadas na África do Sul, Austrália, China e Brasil. Estes países possuem jazidas significativas que sustentam a produção global. A África do Sul lidera a produção mundial, seguida pelo Gabão e o Brasil, com 15% da produção e o 3º no ranking. No Brasil, as reservas de manganês estão concentradas principalmente nos estados de Minas Gerais e Pará, com jazidas de alta qualidade e relevância no mercado global. A produção brasileira de manganês é concentrada em Minas Gerais e Pará, com várias empresas envolvidas na extração e beneficiamento do minério.

A produção de ferroligas de manganês no Brasil é dividida entre diversos estados. Minas Gerais é o maior polo produtivo, seguido por São Paulo, Mato Grosso do Sul e Pará. As empresas dessas regiões produzem diferentes

tipos de ferroligas de manganês. O Brasil está entre os principais produtores de ligas de ferromanganês, ocupando a 8ª posição no ranking global.

A demanda por manganês deve continuar a crescer, impulsionada pela indústria siderúrgica e pelo mercado emergente de baterias para veículos elétricos. A China domina a produção global, mas o Brasil tem potencial para expandir sua presença no mercado internacional, considerando a qualidade de suas reservas de alta qualidade. O Brasil está bem posicionado para atender à demanda internacional.

Figura 22: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Manganês no Brasil (2024)



Elaboração: Jazida.com, base de dados ANM 2024.

2.6 Metais básicos para a transição energética

Esperado crescimento da produção de metais básicos para atender a demanda devida ao aumento da população e urbanização nas próximas décadas, foi impulsionado pelo estabelecimento da transição energética. Os aspectos-chave para os principais metais básicos são apresentados a seguir.

2.6.1 Alumínio

O alumínio é um metal que desempenha um papel crucial na vida moderna. Suas características únicas, como leveza, maleabilidade, condutibilidade elétrica e térmica, resistência mecânica adequada para conformação em várias espessuras, resistência à corrosão, alta reciclabilidade e baixo custo relativo, tornam-no um dos metais mais utilizados em uma variedade de indústrias.

O Brasil possui a 4ª maior reserva mundial de bauxita, com a maior parte localizada na região Norte. O País é o 4º no ranking de produção de bauxita, com a liderança da MRN em Oriximiná-PA, com uma produção de cerca de 40% da produção nacional.

Reservas e Produção de Alumínio em 2023 (USGS)

Reservas*	Produção	¹³ Al Alumínio	Alumina	Alumínio
30 Gt (bauxita)	400 Mt (bauxita)		140 Mt (Al₂O₃)	70 Mt (Al)
(1) Guiné = 25%	(1) Austrália = 25%		(1) China = 59%	(1) China = 59%
(2) Vietnam = 19%	(2) Guiné = 24%		(2) Chile = 14%	(2) Índia = 5,9%
(3) Austrália = 12%	(3) China = 23%		(3) Brasil = 7,1%	(3) Rússia = 5,4%
(4) Brasil = 9,0%	(4) Brasil = 7,8%		(4) Índia = 5,2%	(4) Canadá = 4,3%
(5) Jamaica = 6,7%	(5) Indonésia = 5,0%		(5) Rússia = 1,7%	(5) Emirados Árabes = 3,9%
(6) Indonésia = 3,3%	(6) Jamaica = 1,5%		(6) Emirados Árabes = 1,6%	(6) Brasil = 1,6%
Outros = 25%	Outros = 14%		Outros = 211%	Outros = 20%

*Recursos = 55 a 75 Gt

A cadeia de produção de alumínio inicia com a mineração de bauxita. A bauxita é processada para produzir óxido de alumínio, ou alumina (Al_2O_3), que é então reduzida para produzir alumínio metálico. O óxido de alumínio hidratado, ou hidrato, é outro produto intermediário que tem uma variedade de usos industriais.

O Brasil possui a 4ª maior reserva mundial de bauxita, com a maior parte localizada na região Norte. O País é o 4º no ranking de produção de bauxita, com a liderança da MRN em Oriximiná-PA, com uma produção de cerca de 40% da produção nacional.

A produção de alumina (Al_2O_3) no Brasil é significativa, sendo o 3º no ranking mundial. A Hydro Alunorte, de capital norueguês, lidera a produção com 5,5 Mt/ano, representando 54% da produção nacional. Outros produtores importantes de alumina incluem ALUMAR (ALCOA, South 32 e Rio Tinto) e a Companhia Brasileira de Alumínio (CBA).

A produção de alumínio metálico no Brasil caiu de 1.500 kt para cerca de 700 kt/ano desde 2014/2015, devido ao alto preço da energia no mercado interno e ao baixo preço do alumínio no mercado internacional, colocando o Brasil na 15ª posição no ranking mundial. Recentemente tem recuperado a produção na produção do metal, alcançando 1,1 Mt em 2023, 8º no ranking. A produção de alumínio é concentrada em dois produtores principais: a CBA, de capital nacional, e a ALBRAS, de capital norueguês e japonês.

A China, com sua produção baseada no carvão, é responsável por cerca de 59% da produção mundial do metal alumínio. Isso levanta questões sobre a sustentabilidade da indústria do alumínio, dado o impacto ambiental da produção de carvão. A produção do alumínio metálico no Brasil apresenta, com a energia de fonte hidrelétrica, menos da metade do índice mundial de emissão de carbono, que é da ordem de 9 t CO_2 /t. Os parques de geração solar e eólica estão se expandindo e poderão dar novo alento à produção do alumínio no Brasil. Por exemplo, para a retomada da produção de alumínio na ALUMAR, em 2022, a fonte energética prevista era totalmente limpa e renovável – solar e/ou eólica.

É importante ressaltar que a reciclagem do alumínio já responde por mais de 50% do consumo brasileiro, resultando em uma grande redução no consumo de energia e nas emissões de CO_2 . Isso destaca a importância da reciclagem na redução do impacto ambiental da indústria do alumínio. Com o avanço para fontes de energia mais limpas e renováveis, e com a reciclagem desempenhando um papel cada vez mais importante, a indústria do alumínio no Brasil está se movendo em direção a um futuro mais sustentável, com a produção de alumínio mais verde, que coloca o Brasil em vantagem competitiva, mas que não foi ainda transformada em maior valor.

Figura 23: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Bauxita (Alumínio) no Brasil (2024)



Elaboração: Jazida.com, base de dados ANM 2024.

2.6.2 Cobre

O cobre é um metal com uma vasta gama de aplicações devido às suas notáveis propriedades, como a excelente condutividade elétrica e térmica, a resistência à corrosão e a capacidade de ser facilmente moldado e ligado a outros metais. O cobre desempenha um papel crescente na transição energética, possibilitando tecnologias de geração de energia renovável, a implementação de tecnologias de baterias para veículos elétricos e a interconexão de redes de energia.

As reservas brasileiras de minério de cobre são da ordem de 11Mt de cobre contido, com absoluta liderança do estado do Pará (90%), com cerca de 1% das reservas mundiais. A produção mineral brasileira de cobre contido alcançou 350 kt (em 2021). As principais minas de cobre no Brasil são Salobo (145 kt/a) e Sossêgo (82 kt/a), ambas localizadas no Pará, representando 65% da produção. As demais minas são: Chapada (GO), Complexo de Mineração MCSA, Pedra Branca, Antas, Celestra e Serrote (AL)⁴⁵.

Reservas e Produção de Cobre em 2023 (USGS)

Reservas*	²⁹ Cu Cobre	Produção	Refinado
1,0 Mt (Cu)		22 Mt (Cu)	27 Mt (Cu)
(1) Chile = 19%		(1) Chile = 23%	(1) China = 44%
(2) Peru = 12%		(2) Peru = 12%	(2) Chile = 7,4%
(3) Austrália = 10%		(3) RD Congo = 11%	(3) RD Congo = 7,0%
(4) RD Congo = 8%		(4) China = 7,7%	(4) Japão = 6,8%
(5) México = 5,3%		(5) EUA = 5,0%	(5) Rússia = 3,7%
(17) Brasil = 1,1%		(13) Brasil = 1,6%	(17) Brasil = 1,0%
Outros = 55%		Outros = 51%	Outros = 30%

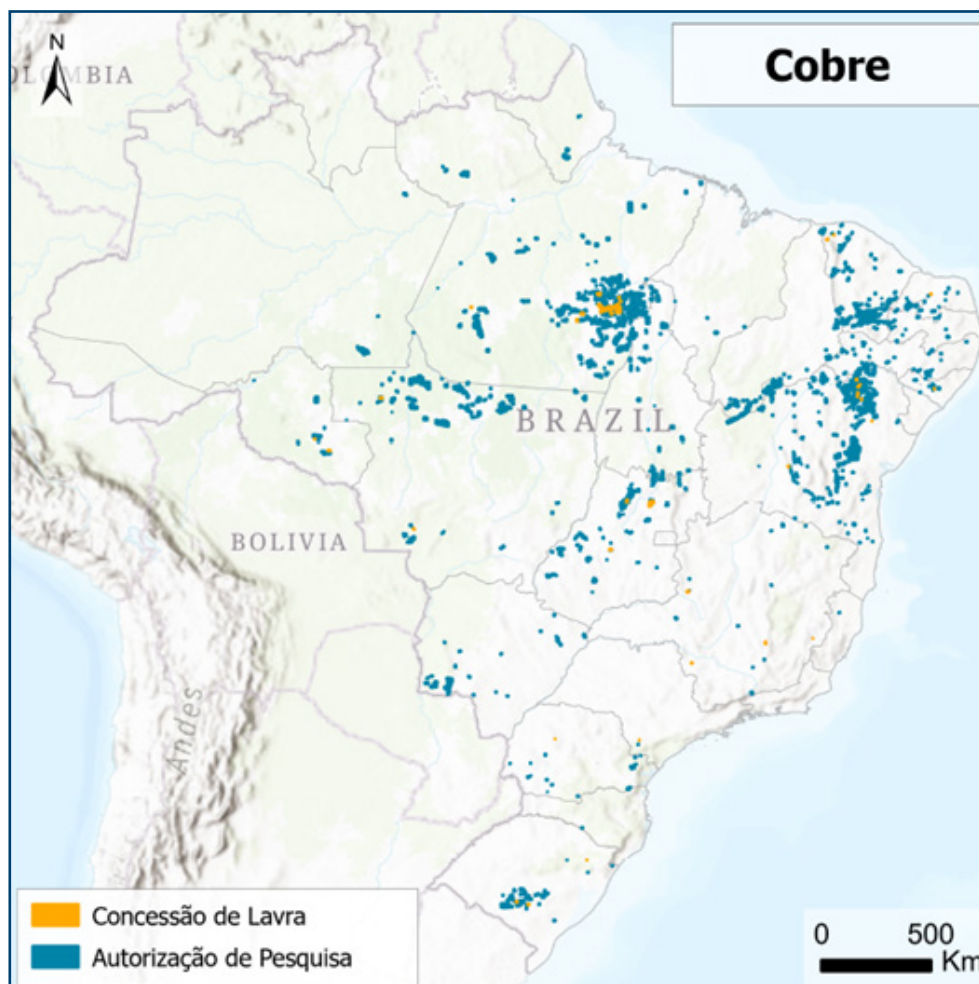
*Recursos = 2,1 Gt

O Chile é atualmente o maior produtor de concentrado de cobre, respondendo por 23% da produção global em 2023, seguido pelo Peru (12%) e China (7,7%). Em termos de cobre refinado, a China lidera com 44%, seguida de longe pelo Chile, com 7,4%. A China, com sua produção baseada no carvão, apresenta sua produção com maior emissão de GEE, uma sustentabilidade restrita.

O Brasil tem a oportunidade de desenvolver a produção mineral e avançar mais na transformação mineral, processando aqui uma parcela maior de sua produção de concentrado de cobre doméstico, capturando mais valor internamente. Atualmente, uma parte significativa de sua demanda do metal refinado é importada. A matriz energética brasileira, rica em fontes renováveis, é uma importante vantagem competitiva.

⁴⁵ <https://www.noticiasdemineracao.com/producao/news/1403554/mina-celesta-produz-457-toneladas-cobre-1286-oncas-ouro-em-ramp>

Figura 23: Mapa para Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra de Cobre no Brasil (2024)



Elaboração: Jazida.com, base de dados ANM 2024.

2.7 Demanda energética do setor mineral

O setor mineral não consome muita energia nos processos de extração, mas é intensivo em energia no segmento de transformação, sobretudo para o alumínio. De acordo com a EPE⁴⁶, o setor industrial é responsável por cerca de 15 a 20% das emissões de gases do efeito estufa, enquanto o setor de transportes representa cerca de 50% das emissões. Um aspec-

⁴⁶ https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202031_RevisaoPosCP_rvFinal_v2.pdf

to que reforça a importância da proximidade entre os agentes da cadeia de valor, reduzindo o impacto do transporte, ainda mais em um país de dimensões continentais como o Brasil.

Os dados, no entanto, não refletem com clareza a demanda energética do setor por representar estatísticas que não diferenciam os setores da mineração e, por isso, dificultam a identificação de possíveis estágios para a melhoria da eficiência energética. De modo geral, a escassez de recursos energéticos ou o comprometimento do fornecimento pode resultar no incentivo à adequação ou substituição da matriz energética. A Vale, por exemplo, produziu em 2023, pela primeira vez no país pelotas a partir de fontes renováveis⁴⁷, reduzindo em 50% as emissões de carbono a partir da substituição do carvão antracito.

De acordo com o II Inventário de Gases efeito estufa do setor Mineral, do IBRAM, o consumo de energia é responsável por mais de 90% das emissões de GEE do setor, com ênfase para o consumo de diesel em equipamentos e no transporte. A estimativa de emissões em 2011 (somatório dos escopos 1 e 2) foi de 1.627.929,16 tCO₂ para a extração de minério de ferro e de 5.924.583,93 tCO₂ para a pelotização. O IBRAM está finalizando o III Inventário de Gases de Efeito Estufa do Setor Mineral⁴⁸.

Ainda assim, os atributos da matriz energética brasileira, prioritariamente limpa e integrada, colocam o país e posição de destaque e potencial de competitividade frente a outros países.

No setor de mineração a atividade de extração de minerais metálicos corresponde a 6,3% do consumo total do ambiente de Contratação Livre (ACL) e as atividades de extração de minerais não metálicos e de metalurgia correspondem a 8,7% e 22,9% do consumo total, respectivamente (Figura 25).

De acordo com os dados apresentados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE a atividade de extração de minerais metálicos consumiu em setembro de 2023 um total de 7.612 MWm⁴⁹; sendo apenas 106,2 MWm de energia de autoprodução (Figura 26). Cabe ressaltar que a 83,8% da matriz elétrica do país é considerada renovável (Sistema de Informações de Geração da ANEEL - SIGA)⁵⁰.

⁴⁷ <https://vale.com/pt/w/vale-produz-pela-primeira-vez-pelotas-a-partir-de-fontes-renovaveis>

⁴⁸ <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2021/02/00005153.pdf>

⁴⁹ Variação do consumo médio em MegaWatt

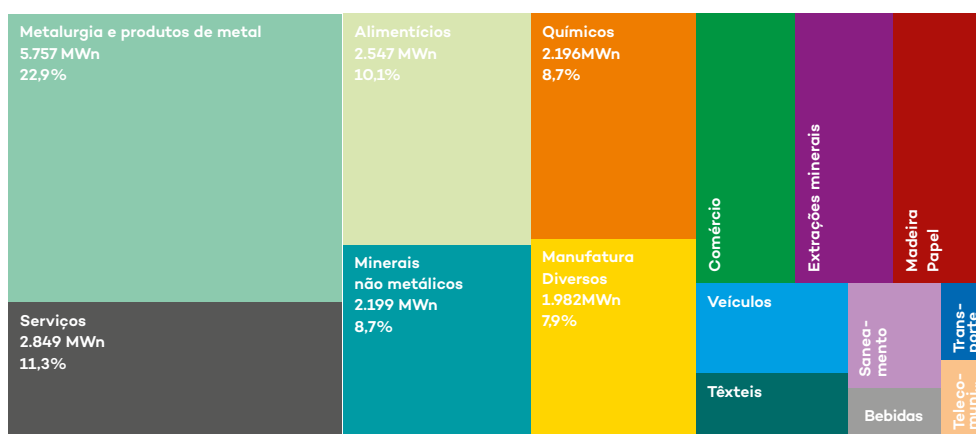
⁵⁰ <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrjoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1M-Tc1NjM2liwidCl6ljQwZDZmOWI4LWVjYtctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>

Figura 25: Consumo energético (MWm) por setor, no ambiente de contratação livre (ACL), dados de outubro de 2022 a abril de 2024.

Participação por ambiente

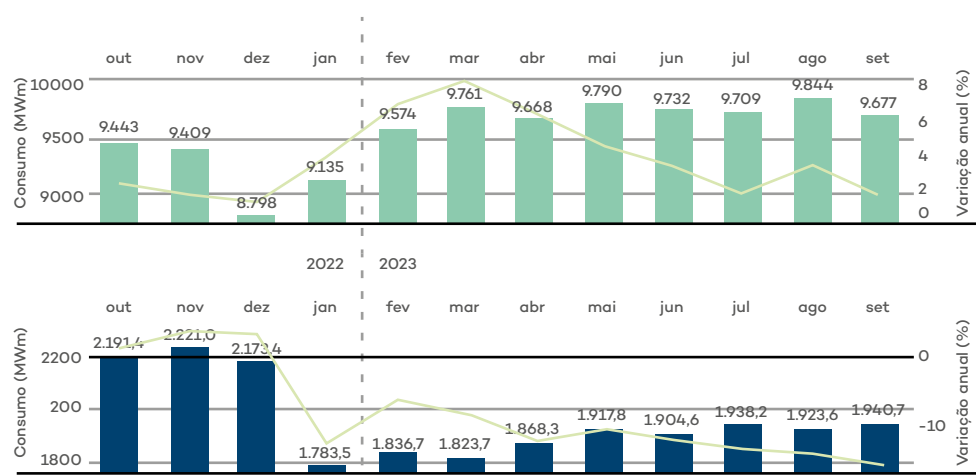
ACR 41.806 MWn 62,4%	ACL 25.181 MWn 37,6%
----------------------------	----------------------------

Participação por ramos no ACL



Fonte: <https://www.ccee.org.br/web/guest/dados-e-analises/consumo>

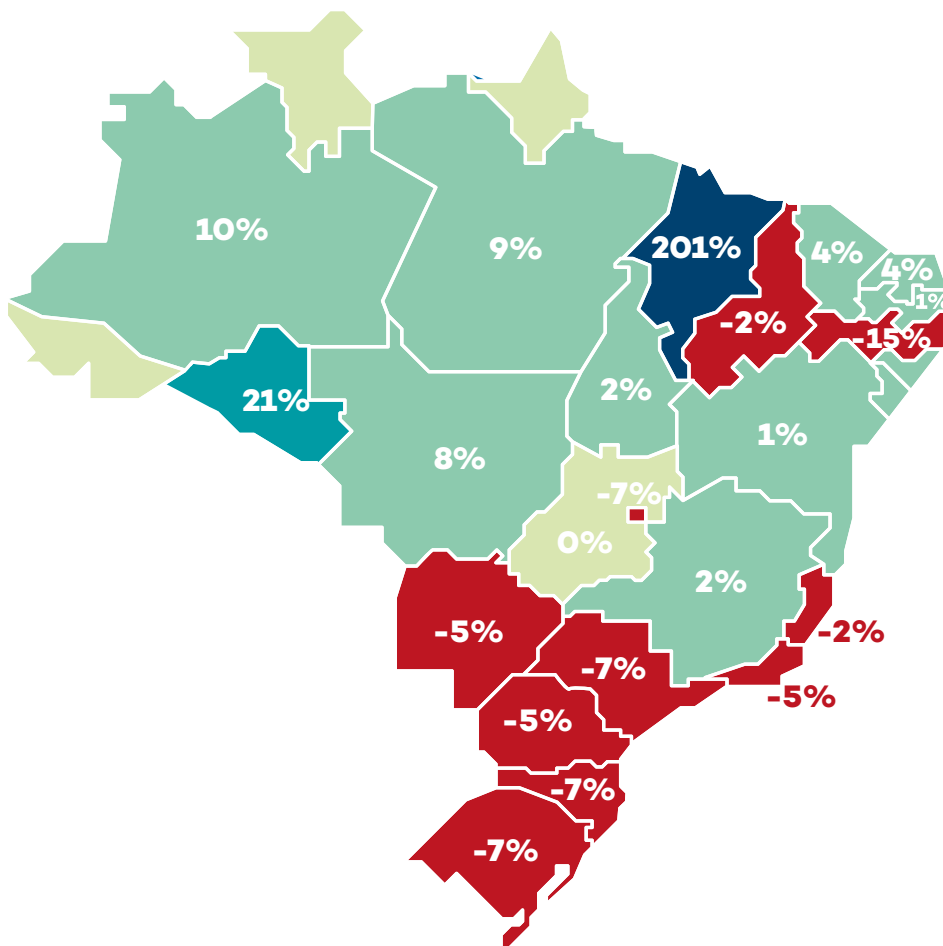
Figura 26: Variação do consumo médio (MWm) das atividades de extração de minerais metálicos, minerais não metálicos e metalurgia e produtos de metal em comparação com o mesmo período do ano anterior. (a) todas as fontes de energia e (b) somente autoprodução.



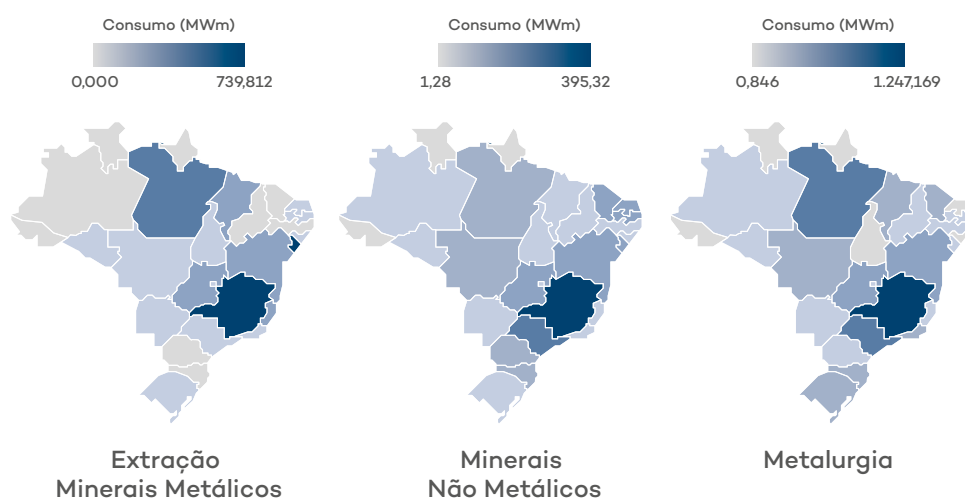
Fonte: <https://www.ccee.org.br/web/guest/dados-e-analises/consumo>

Nos últimos 12 meses, observa-se uma redução no consumo de energia para o setor de mineração, especialmente para a região Sul do país e o estado de São Paulo (Figura 27). O acentuado aumento no consumo de energia para a mineração no Maranhão (201%), é resultante do aumento no consumo de energia para a metalurgia (324%) (Figura 28), sobretudo na classe de autoprodução (217%) (Figura 29) (CCEE, 2023).

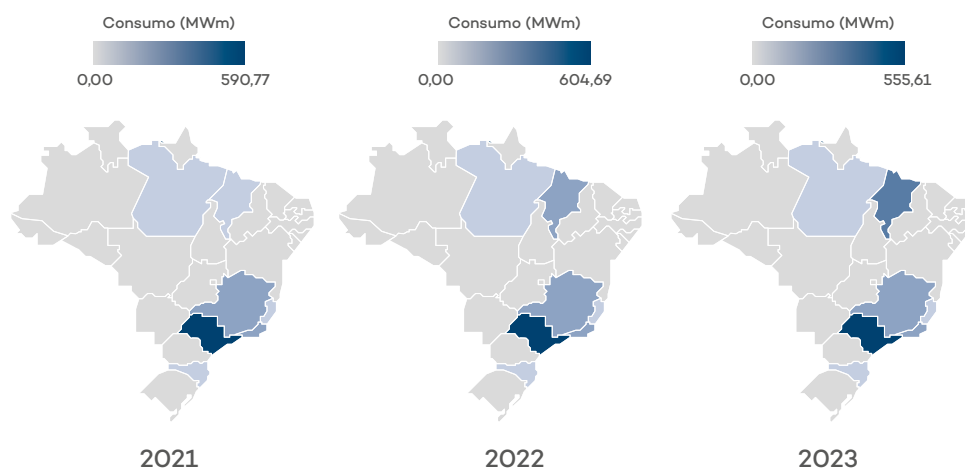
Figura 27: Variação de consumo de energia elétrica nos últimos 12 meses, para as atividades de extração de minerais metálicos, não metálicos e metalurgia.



Fonte: <https://www.ccee.org.br/web/guest/dados-e-analises/consumo>.

Figura 28: Consumo energia no setor mineral em setembro 2023.

Fonte: <https://www.ccee.org.br>

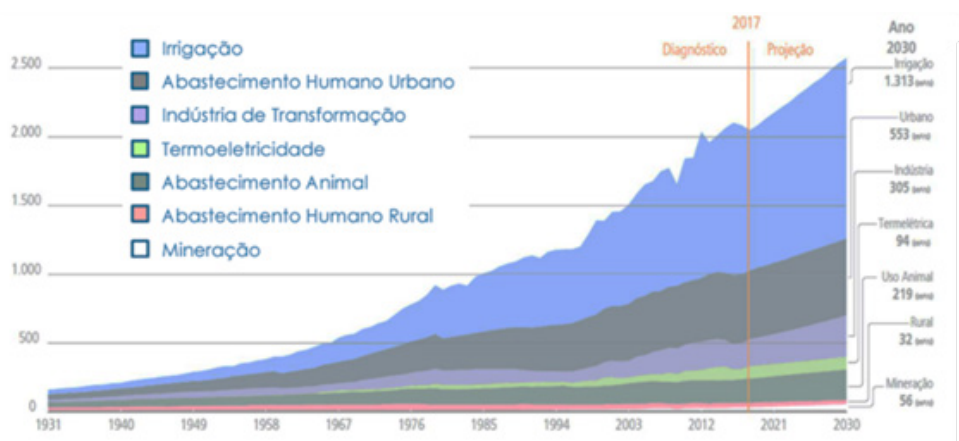
Figura 29: Consumo energia de autoprodução para metalurgia em setembro de 2021, 2022 e 2023.

Fonte: <https://www.ccee.org.br/web/guest/dados-e-analises/consumo>

2.8 Consumo de água no setor mineral

De acordo com dados da Agência Nacional de Águas (ANA) publicados na Conjuntura 2023 e no novo Plano Nacional de Recursos Hídricos para 2022-2040; o setor de mineração consome 32,9 mil litros de água por segundo, correspondendo a 1,6% do total do consumo nacional (Figura 30). O setor da indústria de transformação utilizou 190,5 metros cúbicos de água por segundo (m³/s) em 2022, o consumo da metalurgia corresponde a 2,4% do total do setor industrial.

Figura 30: Consumo de água no Brasil, por setor de 1931 a 2030 (projeção).

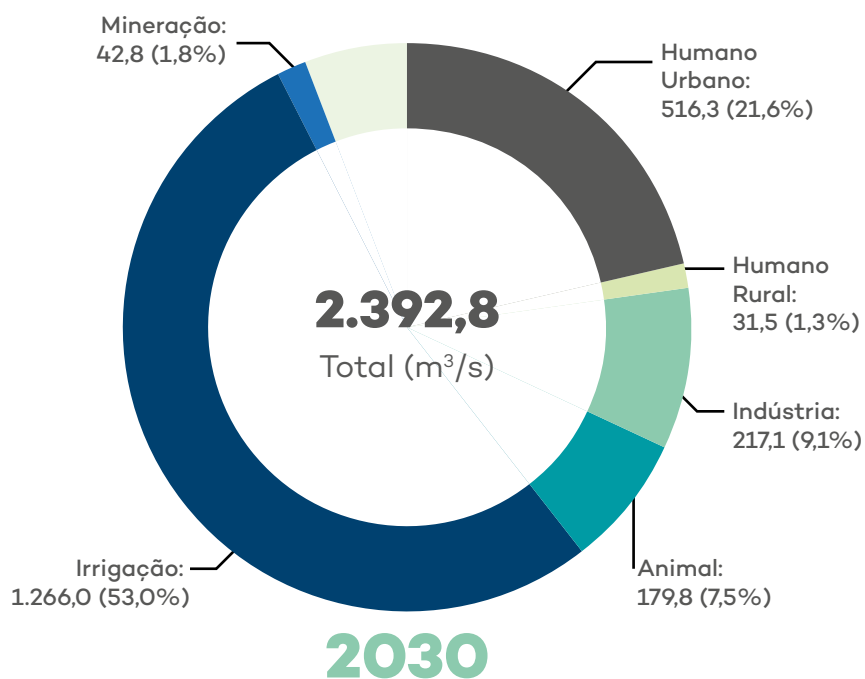
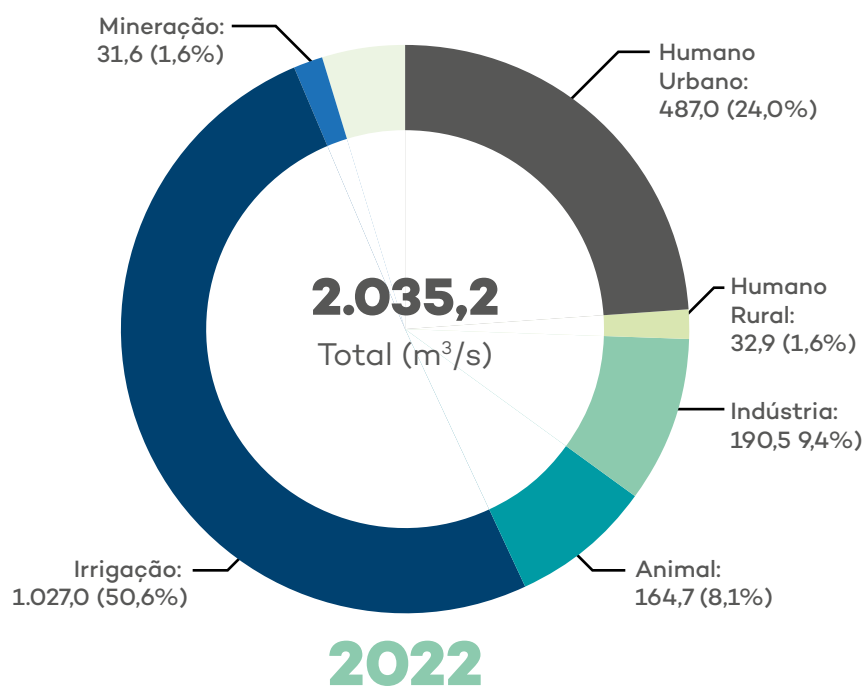


Fonte: Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos da Água – BD Usos.

As Projeções de Usos Consuntivos da Água estimam um aumento médio de 34% no consumo de água do setor até 2030 (Figura 31)⁵¹.

O aumento do consumo considera a ampliação na instalação de novas unidades produtivas ou ampliação dos setores, com destaque para o crescimento da agricultura e consequente demanda por irrigação, equivalente a mais de 50% do consumo total. Em comparação aos demais setores, a mineração não representa um uso intensivo da água. Ainda assim, a prática de reuso de água é incentivada em seus processos produtivos.

⁵¹ https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/plano-nacional-de-recursos-hidricos-1/conjunturapnrh_sociedade-civil_25jun2021_vf.pdf

Figura 31: Projeções de Usos Consuntivos da Água em 2030.

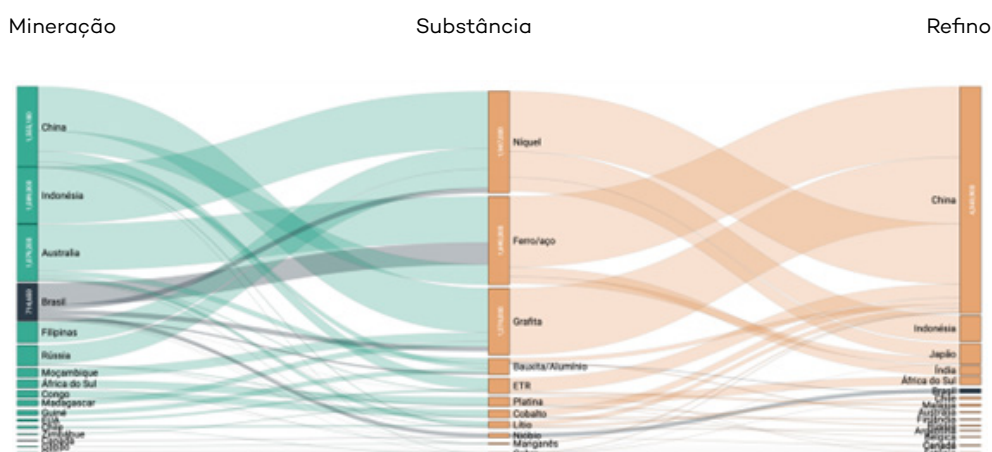
Fonte: Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos da Água – BD Usos.

2.9 Produção e comércio dos materiais críticos e estratégicos

A fim de entender a posição do Brasil em relação a produção e comércio dos MCE para minerais específicos, foram levantados na base de comércio exterior das Nações Unidas (Comtrade⁵²) os principais países que mineram e refinam as seguintes substâncias: cobalto, lítio, níquel, cobre, grafita, manganês, nióbio, bauxita, alumínio, ferro/aço, ETR e platina.

Os dados levantados foram estruturados no formato de um diagrama de fluxo de materiais e o Brasil aparece como importante player mundial na mineração de ferro, grafita, bauxita e nióbio, com relevância no refino de nióbio e média projeção na produção de alumínio.

Figura 32: Representação do fluxo de materiais críticos e estratégicos entre os principais países produtores.



Fonte: COMTRADE, 2023.

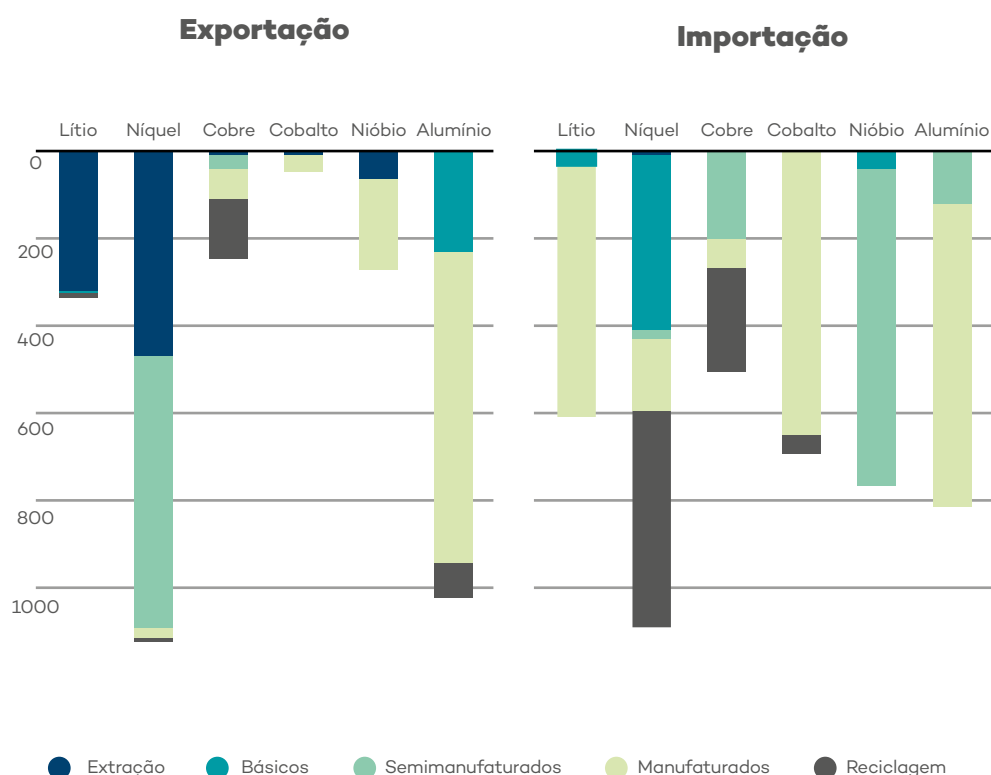
Quando consideramos os seis principais minerais estratégicos, foco do *Roadmap* (lítio, níquel, cobre, cobalto, nióbio e alumínio), os dados obtidos a partir do Brasil, nas bases de informações de Comércio Exterior da Receita Federal (Comexstat), considerando as cadeias de valor de cada material para o ano base de 2022 (Figura 32).

52 <https://comtradeplus.un.org/>

O Brasil aparece como exportador de minérios e produtos básicos, especialmente o lítio, níquel e cobre e importador de manufaturados para o lítio, cobalto e alumínio. Chama a atenção a importação de aparas, resíduos, scraps e sobras de alumínio, cobre e cobalto importados.

Esse primeiro levantamento aponta a necessidade de aprofundamento nos estudos de classificação de códigos da Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) para resíduos a fim de permitir identificar os fluxos de comércio de materiais secundários que se configuram.

Figura 33: Volume de comercialização dos principais minerais em toneladas (2022).



Fonte: Comexstat, 2022.

Dados recentes da balança comercial brasileira para os minerais selecionados evidenciam a predominância de exportação de minério e produtos básicos, com importação majoritária de produtos de semimanufaturados e manufaturados (Figura 33). Os dados do Comexstat confirmam a posição do Brasil na exportação de *commodities* minerais e importação de bens manufaturados ou semimanufaturados, com maior valor agregado.

2.10 Situação atual e perspectivas de fomento e produção

Objetivo desse tópico é identificar entre os parâmetros analisados abaixo alvos ou focos especiais de políticas públicas que poderiam ser induzidas, como produtos do presente estudo, em prol das mineradoras brasileiras. A abordagem para a condução desse tópico será aquela que contemple o levantamento, identificação e estruturação de análise, extrapolações especializadas e “*insights*”. Entende-se insight do setor mineral como as informações da intimidade do setor, de seus atores, seus comportamentos, atitudes, mentalidades, visões e perspectivas, crenças e culturas.



SERÃO 5 ALVOS OU FOCOS A SEREM TRABALHADOS AQUI:

1. oportunidades entre as 200 maiores empresas de mineração do País;
2. *benchmarking* de diferenciais competitivos, a serem fomentados no Brasil, de empresas internacionais de MCE;
3. inovações radicais e/ou disruptivas;
4. estratégias empresariais inovadoras;
5. barreiras e ameaças a serem enfrentadas pelas empresas nacionais.

1) OPORTUNIDADES ENTRE AS 200 MAIORES EMPRESAS DE MINERAÇÃO

A Revista Brasil Mineral publica anualmente um quadro das 200 maiores empresas de mineração no País⁵³. O intuito aqui é identificar de forma preliminar, nessa relação das 200, além das atuantes diretamente em MCE, como cobre, níquel, nióbio, lítio, grafite, vanádio; aquelas que podem se tornar foco de programas colaborativos, como CBMM e Magnesita, pela maturidade a compartilhar; e empresas emergentes.

⁵³ <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/as-200-maiores-empresas-brasileiras-de-mineracao>

2) BENCHMARKING DE DIFERENCIAIS COMPETITIVOS, A SEREM FOMENTADOS NO BRASIL, DE EMPRESAS INTERNACIONAIS DE MCE;

Nessa seção busca-se fornecedores de destaque que trabalhem estratégias diferenciadas e drivers de competitividade que possam servir como comparativos ou *benchmarking* para os produtores brasileiros.

A primeira etapa é descortinar o cenário mundial atual e emergente, apresentando os fornecedores/estratégias líderes de fornecimento de minerais críticos e estratégicos, que chame análises comparativas com as perspectivas de produção, fornecimento e exportação de MCE do Brasil.

A comparação de estratégias de marketing, comunicação e valorização de produtos e mercados, de algumas dessas referências internacionais, testa o comportamento competitivo das empresas brasileiras, não apenas como passivo de falha de competitividade, mas também como propostas e potencial de crescimento.

Iniciando por oportunidades de atuação multiminerais, pode ser destacada a Glencore, inclusive com unidades de reciclagem em várias partes do mundo, em parceria com a Li-Cycle, que contempla baterias e eletrônicos, e minerais como lítio, níquel, cobalto, entre outros. A Appian é referência em investimentos multiminerais.

A CBMM é uma das empresas que lidera globalmente com o conceito de liderança e domínio em tecnologia e aplicação de nióbio. No Brasil a CBMM é referência de projetos cooperativos para cadeias produtivas (exemplo do Made in Brasil Integrado - MiBi). A marca Weg de motores em Santa Catarina, ou similar, poderia ser vista como um precursor para multiminerais no Brasil. A Alcoa Alumínio é reconhecida pelo valor para o cliente e para o território. A SIGMA Lithium é referência de comunicação e emergente no Lítio verde.

Algumas das empresas produtoras de lítio e/ou grafite no Vale do Jequitinhonha podem se consolidar como lideranças climáticas como diferencial. A empresa Lithium Australia opera 3 unidades integradas do lítio a bateria, incluindo reciclagem. O mundo pede fornecedores de cobalto seguro. A Anglo American é líder em platina.

3) INOVAÇÕES RADICAIS E/OU DISRUPTIVAS

O objetivo nessa seção é prospectar linhas de inovações radicais e disruptivas em minerais, materiais e cadeias produtivas que podem abrir espaço para oportunidades de mercado e valorização importantes para fornecimento no Brasil e exterior. Abaixo são listados alguns alvos de políticas públicas que poderiam colocar o Brasil na liderança.

- Modificações morfológicas e de superfície na estrutura dos materiais
- Desenvolvimento de compósitos minerais
- Desenvolvimento de filmes minerais
- Estudo de morfologia e química de interação dos minerais nas aplicações
- Substituição de materiais (por exemplo, ligas vs terras raras)
- Modificações em estruturas cristalinas

4) ESTRATÉGIAS EMPRESARIAIS FORA DA CAIXA

O objetivo nessa seção é prospectar estratégias empresariais fora da caixa que podem abrir espaço para oportunidades de mercado e valorização importantes. Abaixo são listados alguns exemplos ilustrativos ou de referência alvos/focos de políticas públicas que poderiam colocar o Brasil na liderança.

- Modelos inovadores de PD&I
- Participação em projetos internacionais de PD&I
- Composição Inovadora de Equipes
- Projetos cooperativos com empresas em temas sinérgicos
- Liderança de conselhos multiinstitucionais de cadeia produtiva
- *Benchmarking* internacional

5) BARREIRAS E AMEAÇAS A SEREM ENFRENTADAS PELAS EMPRESAS NACIONAIS

O objetivo nessa seção é prospectar barreiras e ameaças que podem travar avanços em minerais e materiais críticos no Brasil. Abaixo alguns exemplos que podem ser alvos ou focos de fomento.

- Governança ecossistêmica da mineração
- Política de fornecedores locais
- Alavancagem do desenvolvimento local
- ESG
- Liderança anticlimática
- Governança tecnológica da cadeia
- PD&I de funcionalidade
- Certificação
- Iniciativas de circularidade



3. *BENCHMARKING*

The graphic features a dark blue background. In the upper left, the text '3. BENCHMARKING' is written in a white, italicized sans-serif font. Below the text, there are two overlapping, L-shaped geometric forms. The outer form is a light teal color, and the inner form is a darker teal color. These shapes create a sense of depth and structure, resembling a stylized corner or a step in a process.

Diferentes abordagens têm sido discutidas em todo o mundo para o enfrentamento da escassez global e comprometimento do fornecimento de recursos. Os princípios da economia circular têm sido promovidos como solução estratégica para a gestão eficiente dos recursos e mitigação de impactos resultantes da produção e consumo. O grande desafio reside em conciliar metas de descarbonização da economia sem comprometer o desenvolvimento e produção de tecnologias emergentes que, por sua vez, demandam maiores volumes de recursos minerais finitos.

Desta forma, são apresentados e analisados benchmarks para a aplicação dos princípios da economia circular e as políticas e boas práticas de alguns países como referência para a elaboração e implementação de políticas públicas para os minerais críticos e estratégicos no Brasil.

3.1 A economia circular e os materiais críticos e estratégicos

A colaboração entre o poder público, setor privado, academia e sociedade civil será fundamental para viabilizar a implementação destas soluções e identificar os custos de oportunidade, que servirão de base para escolha da rota tecnológica que o país irá seguir. Vale destacar a diferença da infraestrutura instalada nos países desenvolvidos e nos países em desenvolvimento, quando tratamos da extração de recursos naturais. No caso do Brasil, e na maioria dos países em desenvolvimento, ainda será necessário muito investimento em saneamento básico e logística, que demandam a extração de recursos naturais virgens. No entanto, podemos pensar nas oportunidades de construir essa infraestrutura utilizando as tecnologias mais avançadas.

Para tanto, é necessário ter um olhar sistêmico sobre como nossa sociedade extrai, processa e utiliza estes recursos. É preciso pensar no longo prazo e nos múltiplos ciclos de vida dos recursos, considerando a energia gerada com o uso deles. Em se tratando das demandas da sociedade por mais energia, alimentação, mobilidade, infraestrutura e comunicação, em especial nos países em desenvolvimento, é inevitável o aumento da demanda por recursos minerais, considerando as quatro crises planetárias contemporâneas:

- mudança climática;
- perda de biodiversidade;
- desperdícios de recursos (seja no processo ou no destino inadequado);
- desigualdade social.

Para a elaboração de planos de transição para a economia circular é importante considerar as diversas realidades sociais e econômicas dos países, conforme proposto pelo Relatório do *Circularity Gap*⁵⁴ de 2023, separando três diferentes categorias de países: em construção, em crescimento e em transição, a partir da relação entre o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e a pegada ecológica per capita dos países.

3.11 Conceito e Princípios da Economia Circular

Existem diversas abordagens para o uso do termo “economia circular”. No entanto, a definição mais aceita, que passou pelo crivo de especialista de países e setores diferentes em um processo de consenso internacional, promovido pela ISO – Organização Internacional de Normalização, é a seguinte:



Economia circular: sistema econômico que utiliza uma abordagem sistêmica para manter um fluxo circular dos recursos, por meio da adição, retenção e recuperação de seu valor, enquanto contribui para o desenvolvimento sustentável.

Nota 1: Os recursos podem ser considerados tanto em estoques quanto em fluxos.

Nota 2: Da perspectiva de desenvolvimento sustentável, a entrada de recursos virgens é mantida a menor possível, e o fluxo circular de recursos é mantido o mais fechado possível para minimizar as emissões e perdas (desperdícios de recursos) do sistema econômico.

Fonte: Norma ISO 59004 – DIS: janeiro, 2023 (tradução livre).

Esta definição considera a economia circular como parte do sistema econômico, ressalta a relação entre recurso e valor, e propõe a incorporação das práticas de economia circular aos processos existentes, tendo como objetivo a contribuição para o desenvolvimento sustentável.

⁵⁴ <https://www.circularity-gapworld/2023>

Além desta definição, seis princípios foram elaborados para nortear as estratégias de economia circular nas organizações, são eles:



Pensamento sistêmico: as organizações adotam uma perspectiva de ciclo de vida e aplicam uma abordagem de longo prazo ao considerar seus impactos nos sistemas ambiental, social e econômico.

Criação de valor: as organizações recuperam, retêm ou adicionam valor, fornecendo soluções eficazes que contribuem para o valor socioeconômico e ambiental e utilizam os recursos de maneira eficiente.

Compartilhamento de valor: as organizações colaboram com as partes interessadas ao longo da cadeia de valor ou rede de valor de forma inclusiva e equitativa, para benefício e bem-estar da sociedade, através do compartilhamento de valor criado com entrega de uma solução.

Gestão de recursos: as organizações gerenciam estoques e fluxos de maneira sustentável, incluindo o fechamento, a desaceleração e a redução dos fluxos de recursos, contribuindo com a acessibilidade e disponibilidade de recursos para as gerações presentes e futuras, e reduzindo os riscos associados à dependência de recursos virgens.

Rastreabilidade dos recursos: as organizações coletam e mantêm dados para permitir a rastreabilidade dos recursos ao longo de suas cadeias de valor e são responsáveis por compartilhar informações relevantes com as partes interessadas.

Resiliência do ecossistema: as organizações desenvolvem e implementam práticas e estratégias que protegem e contribuem para a resiliência e regeneração dos ecossistemas e de sua biodiversidade, incluindo a prevenção de perdas e emissões danosas, considerando os limites do planeta.

Fonte: Norma ISO 59004 – DIS: janeiro, 2023 (tradução livre).

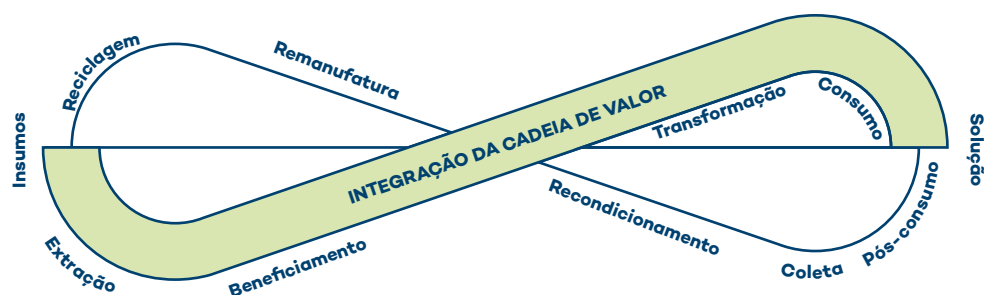
Estes princípios nortearão as ações que contribuem com a transição para a economia circular, promovendo inovação nos processos de produção e consumo, a importância de uma visão de longo prazo, o cuidado com a resiliência do ecossistema, e a valorização de práticas colaborativas entre os diversos setores da sociedade.

Desta forma, é possível destacar que o grande desafio da economia circular é promover a gestão estratégica dos recursos naturais, atendendo ao aumento das demandas sociais sem o comprometimento dos limites ambientais do planeta, e considerando a relação de interdependência entre os sistemas econômico, social e ambiental.

As tragédias ocorridas recentemente no Brasil no setor mineral em decorrência da gestão de resíduos, são exemplos importantes da conexão entre os sistemas ambientais, sociais e econômicos. Em ações de circularidade, a gestão eficiente de recursos deve observar a saúde e segurança como aspectos prioritários. Neste sentido, Geer *et al.* (2021) reforçam a preocupação com a elevação dos resíduos ao status de *commodities*, reforçando a economia linear e resultando em impactos sociais e ambientais. Esses autores ainda reforçam que a circularidade de processos precisa considerar os limites da relação resíduo e recurso, exigindo maior capacidade dos tomadores de decisão na transição de uma economia linear para uma economia circular.

Desta forma, a apresentação de mapeamentos estratégicos setoriais se apresenta como uma importante contribuição para o setor mineral. Especialmente no Brasil, que possui uma consistente regulamentação ambiental e tem contribuído de forma efetiva na elaboração de soluções circulares e no estabelecimento de novos modelos de negócio compatíveis com os princípios da economia circular.

O equilíbrio entre a circularidade de processos e produtos no setor mineral tem ganhado relevância na última década em razão do aumento significativo da demanda por materiais críticos e estratégicos. Os processos tradicionais de redução, gestão e eliminação de resíduos, aproveitamento de rejeitos de baixo teor, redução nas emissões, recirculação de água de processo ou desaguamento seguem como soluções para a sustentabilidade. No entanto, a necessidade de suprimento de recursos minerais para aplicação em soluções com alto potencial tecnológico tem evidenciado e incentivado soluções para a recuperação de valor a partir de ações de circularidade, como: reuso, acondicionamento, remanufatura e reciclagem (Figura 34).

Figura 34: Mineração e a economia circular.

Desta forma, uma nova leitura da importância do setor mineral destaca a importância do fornecimento seguro, justo e sustentável de insumos, ao mesmo tempo em que induz as ações de circularidade, integrando os elos da cadeia de valor. Uma importante evidência neste sentido é o depósito de patentes a partir de empresas do setor de eletroeletrônicos e automotivas relacionadas à produtos que aplicam minerais críticos e estratégicos.

A análise dos dados apresentados evidencia a importância de investimentos para o desenvolvimento socioeconômico e adaptação de soluções à diferentes contextos sociais e culturais. O setor mineral é um importante nicho no qual se evidencia essa correlação. Municípios brasileiros com investimento em mineração apresentam maior IDH restrito aos municípios onde são aplicados recursos de compensação (Denes *et al.*, 2022)⁵⁵, não sendo observado o mesmo efeito em municípios vizinhos.

Além do desenvolvimento socioeconômico, o contexto regulatório também influencia a implementação de práticas de economia circular nas organizações. Conforme estudo realizado pela Ernest Young, foram levantadas as principais regulamentações que iniciaram o processo de incorporação da abordagem de economia circular nas políticas públicas (Figura 35).

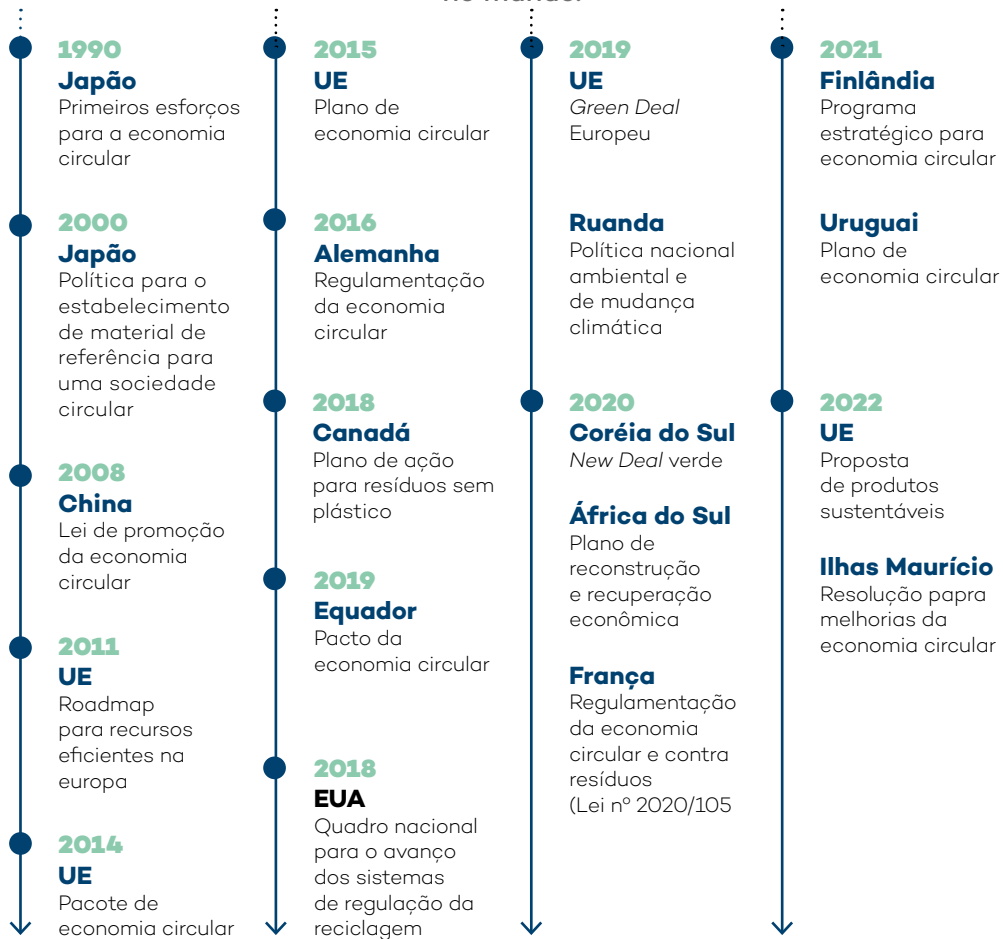
As políticas relacionadas à gestão de recursos materiais foram classificadas em 4 níveis de maturidade, são eles: (i) políticas de gestão de resíduos, (ii) políticas de inovação e ecodesign, (iii) políticas de rastreabilidade dos materiais e (iv) políticas com ações estruturantes de economia circular. A China, alguns países europeus, Ilhas Maurício e o Uruguai destacam-se

⁵⁵ <https://revistaaber.org.br/rberu/article/view/811/353>

quanto ao nível de maturidade das regulamentações por abordarem aspectos da circularidade de material e comprometimento das partes interessadas.

Apesar do Brasil ter sido classificado como nível 1, temos algumas políticas que poderiam elevar essa nota na pesquisa, como: Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010), que trata de responsabilidade compartilhada, logística reversa e incentivos fiscais; Política Nacional de Mudança do Clima (2009), que regulamenta ações de mitigação e adaptação para a mudança climática. Além disso, temos mais recentemente o Plano de Transição Ecológica (2023), que tem como pilar a preservação ambiental e combate às mudanças climáticas.

Figura 35: Linha do tempo das regulamentações sobre economia circular no mundo.



Fonte: Adaptado a partir de *Regulatory landscape of the circular economy* (Ernest Young, 2022)⁵⁶

⁵⁶ *Circular economy: Navigating the evolving global policy landscape* | EY - US

3.1.2 A Economia circular e o setor mineral

Quando promovemos a melhor gestão dos recursos – otimizando os processos, reduzindo desperdícios, investindo em inovações que possibilitem o aproveitamento dos recursos no fim do ciclo de vida do produto, e utilizando resíduos como recursos – teremos sempre duas opções de fonte de recursos como insumos para os processos produtivos, as reservas naturais (recursos virgens ou primários) e as antropogênicas (recursos recuperados ou secundários).

A atividade de mineração das reservas naturais demanda investimentos volumosos em pesquisa, lavra (extração) e beneficiamento, bem como um planejamento de longo prazo para abertura e fechamento de minas. Enfrenta forte regulamentação e alto risco no investimento empregado nos empreendimentos.

A atividade de mineração das reservas antropogênicas é mais recente e tem seus desafios. Conforme estudo realizado pela UNEP – *United Nations Environment Program e International Resource Panel*, em 2018, intitulado “*Redefining Value the Manufacturing Revolution*” existem quatro barreiras para serem enfrentadas para a recuperação de valor: tecnológicas, regulatórias, mercadológicas (econômicas) e de logística (coleta).

Dados da OCDE (2019) apontam que os impactos ambientais relativos ao processamento de materiais secundários são menores do que os impactos da exploração de recursos primários, e destacam a importância da transição para o uso de materiais secundários na promoção da circularidade.

As crescentes demandas por insumos para alimentar os processos produtivos dificilmente serão supridas em sua totalidade por fontes de recursos antropogênicos ou materiais secundários. No entanto, esse cenário já começa a se consolidar em algumas cadeias produtivas, como é o caso do alumínio e do aço no Brasil.

O setor mineral, como base das cadeias de valor, tem um papel fundamental na elaboração de planos de transição para economia circular, seja em âmbito local, regional ou global. Será cada vez mais demandado a participar ativamente dos desafios trazidos pela agenda de desenvolvimento sustentável, em especial da transição energética, e a integrar-se aos diversos elos da cadeia de valor e ajudar a fechar os ciclos de produção e consumo.

Considerando as tendências de aumento populacional, prosperidade social e transição energética para tecnologias menos emissoras, o aumento da

demanda por minerais é inevitável. Dados do ICMM⁵⁷ – Conselho Internacional de Mineração e Metais, mostram um aumento de 20 vezes da demanda por níquel e cobalto, até 2040, para atender a tendência de eletrificação da economia. Para atingir a meta de Net Zero até 2050, estima-se a necessidade de 3 bilhões de toneladas de metais, e um investimento na faixa de US\$ 9,2 trilhões ao ano.

Neste sentido, o setor será ainda mais cobrado pela maneira como opera, sejam nas tecnologias de extração, no processo de produção ou no relacionamento com as partes interessadas. A prática responsável na mineração precisa ganhar escala e, para tanto, ainda é preciso definir padrões mínimos de operação para o setor, conforme Rohitsh Dhawan, Presidente da ICMM – Conselho Internacional de Mineração e Metais.⁵⁸

Os diálogos no âmbito dos comitês técnicos da ISO – Organização Internacional de Normalização podem ser um bom local para a definição destes padrões mínimos e acordados em nível global. Considerando o potencial do mercado brasileiro para contribuir com a transição energética global, seja por fornecimento de minerais, produção de Hidrogênio Verde, ou até mesmo, produtos com maior valor agregado, a necessidade de envolvimento do Brasil em acordos internacionais se tornará cada dia mais evidente.

Tanto para o mercado interno como para o mercado externo, o setor mineral brasileiro poderá se beneficiar com as demandas por fontes renováveis de energia e por mais segurança no abastecimento de insumos agrícolas.

Neste cenário, diversas oportunidades podem ser colocadas para o setor, como:

- captação de investimento para processos mais eficientes (com práticas de ESG);
- desenvolvimento e aumento da manufatura em território nacional (neointustrialização);
- fortalecimento e formalização da cadeia de valor (rastreadabilidade e denominação de origem);
- inovação em modelos de negócios (ex.: minerais como serviço);
- construção de uma imagem mais positiva do setor mineral.

57 <https://www.icmm.com>

58 ICMM: <https://www.icmm.com/en-gb/stories/2023/three-trends-shaping-mining>

O valor de mercado das empresas e a possibilidade de captação de recursos a juros mais baixos, estão cada dia mais vinculados a boas práticas de governança, benefícios sociais e cuidado ambiental (ESG), valorizando a transparência nas empresas e materialidade dos indicadores relacionados a práticas de sustentabilidade, como mostram os levantamentos da *BlackRock Investment Institute*.

O setor industrial brasileiro tem sofrido com o custo Brasil. No entanto, esperamos que tenhamos uma retomada de crescimento com a proposta de neoindustrialização do novo Governo, e com a possibilidade de aproveitar as vantagens comparativas do Brasil em relação a matriz energética e disponibilidade de recursos naturais.

Neste contexto, o aumento do investimento em pesquisa e em novas tecnologias no setor mineral terão um papel fundamental para:

- maior eficiência nos processos de extração mineral;
- recuperação de minérios que estão em estoques antropogênicos (barragens, pilhas com minérios de baixos teores, aterros ou estoques antropogênicos);
- reabilitação de áreas utilizadas pela extração mineral e reconversão produtiva dos territórios;
- rastreabilidade dos fluxos de materiais ao longo da cadeia de valor (passaporte digital / *blockchain*);

Recente estudo do IBRAM (2022⁵⁹) mapeou práticas de aplicação dos princípios da economia circular no setor mineral. A recuperação de valor foi evidenciada a partir de práticas de reuso de insumos secundários, reaproveitamento de coprodutos e reciclagem.

Dentre os casos apresentados, está o da Anglo American com o aproveitamento das escórias da produção de ligas de ferro-níquel como coproduto a ser aplicado em concretos asfálticos e cimentícios complementares, fertilizante de solos, produção de pavimentos e tijolos. O projeto foi desenvolvido em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e a Concessionária Ecovias do Araguaia S.A., evidenciando o potencial de gerenciamento de resíduos, aproveitamento de coprodutos e aplicação

59 https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2022/09/IBRAM_Praticas-em-Circularidade-no-Sector-Mineral_WEB.pdf

tecnológica para a consolidação de modelos de negócio baseados na economia circular.

O mesmo estudo apresenta outra iniciativa coordenada pela empresa Kinross que elaborou o sistema informatizado ReUse+, com a finalidade de cadastramento e gerenciamento de resíduos não-perigosos com a finalidade de permitir a destinação por meio do reuso. Um outro projeto no setor, com investimento de R\$ 170 milhões está em andamento sob a coordenação da Largo Resources e propõe a produção de um novo produto a partir da verticalização da cadeia de concentração de ilmenita e produção de óxido de vanádio, com produção de fertilizantes, a redução do impacto ambiental e da geração de resíduos. O projeto, implantado em 2023, conta com a parceria da Universidade Federal da Bahia (UFBA), Fundação Gorceix, CEPED, CBPM e SGS.

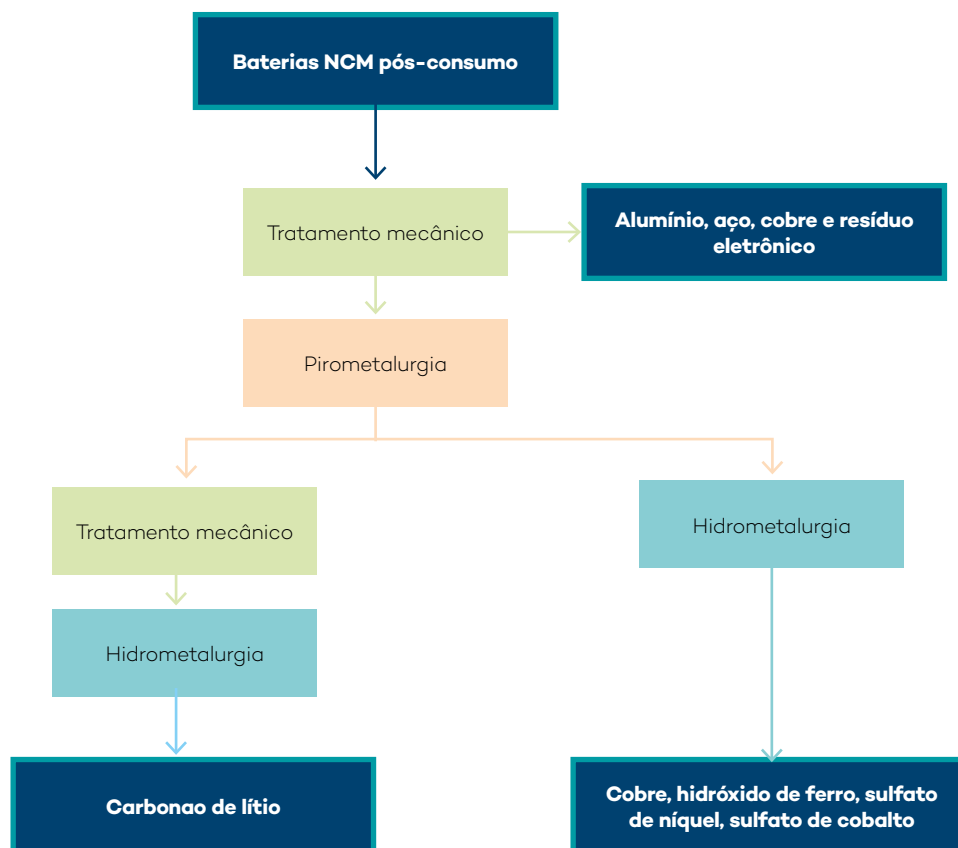
3.1.3 **Potencial da recuperação de materiais secundários**

A maioria dos materiais críticos e estratégicos podem ser recuperados ao final de vida útil, aliviando assim a pressão no suprimento de insumo para processos produtivos. Alguns materiais como aço, ferro, cobre, níquel e alumínio já possuem práticas de reciclagem consolidadas, no entanto muitos metais para a transição energética, como lítio e elementos de terras raras ainda não apresentam cadeias de reciclagem estabelecidas.

A viabilidade da reciclagem depende da disponibilidade do material, balança entre a demanda e oferta de materiais primários, preço, volume disponível e consolidado de minas urbanas e viabilidade técnica e econômica das tecnologias de reciclagem. No entanto, questões geopolíticas agravadas pela pandemia e pelos conflitos bélicos motivaram o investimento em pesquisa mineral, em fontes alternativas de recursos minerais e em plantas de reciclagem, buscando reduzir a dependência externa dos insumos a partir da importação.

O grau de pureza necessário para aplicação de materiais na fabricação dos componentes para as baterias de veículos elétricos pode ser alcançado pela combinação de técnicas básicas da metalurgia como pirometalurgia, hidrometalurgia e tratamentos mecânicos, conforme exemplificado na Figura 36.

Figura 36: Cadeia de processos para a recuperação de materiais secundários a partir de baterias NCM pós-consumo.



Fonte: Adaptado de Husmann *et al.* (2023).

Husmann *et al.* (2023), em um estudo apoiado pela Fundação Volkswagen, sobre a economia circular aplicada a baterias pós-consumo, propõem a análise dos impactos no ciclo de vida das baterias considerando-se como critérios a massa em nível de processo unitário, a massa em nível da cadeia toda e o valor econômico. Os resultados evidenciam a importância de se segmentar a análise, bem como apontam que os maiores impactos da recuperação de materiais secundários se concentram no tratamento pirometalúrgico, na precipitação do ferro, na cristalização do níquel e no tratamento hidrometalúrgico para a recuperação do lítio. Desta forma, entende-se que os processos mecânicos, por não representarem alto consumo energético ou aplicação de ácidos ou agentes de precipitação, são menos impactantes. No entanto, o tratamento mecânico não possibilita a recuperação de materiais com menor grau de pureza.

Embora a reciclagem seja um dos mecanismos para mitigar a criticidade dos materiais, esta não pode suprir na totalidade a demanda mineral. Ainda assim, países como os EUA, Japão e China já estabeleceram metas de reciclagem e de composição mínima de materiais secundários em produtos como baterias, automóveis e equipamentos eletrônicos. Na Europa, a Regulamentação de Baterias (*EU Battery Regulation, 2023*) estabelece metas de coleta e reciclagem de baterias em final de vida (Tabela 10). Até 2027 os equipamentos eletrônicos portáteis devem permitir a fácil remoção e substituição de baterias pelos consumidores. A legislação também define requisitos de rotulagem, incluindo informações sobre a composição, percentual de componentes secundários (reciclados) e pegada de carbono; além da adoção de um “passaporte” da bateria e um QRCode para viabilizar o rastreamento do produto ao longo de todo o ciclo de vida.

Tabela 10: Metas para a reciclagem de baterias pós-consumo na Europa.

METAS	2025	2027	2028	2030	2031
SLR de baterias portáteis		63%		73%	
SLR de baterias de veículos leves			51%		61%
Recuperação de lítio		50%			80%
Cobalto secundário em novas baterias		16%			
Chumbo secundário em novas baterias		85%			
Lítio secundário em novas baterias		6%			
Níquel secundário em novas baterias		6%			
Eficiência de reciclagem de baterias	50%				
Eficiência de reciclagem de baterias Ni-Cd	80%				

As metas europeias são audaciosas, atualmente a taxa de reciclagem do lítio é de apenas 10%, mas a meta para 2027 é de 50% no mínimo. A União Europeia estima que, as quantidades recicladas de cobre, lítio, níquel e cobalto de baterias usadas podem reduzir a demanda combinada de suprimento primário desses minerais em cerca de 10 %. Os benefícios

de segurança da reciclagem podem ser muito maiores para regiões com implantação mais ampla de tecnologias de energia limpa devido a maiores economias de escala⁶⁰.

As tecnologias e processos de recuperação para alguns materiais críticos estão bem estabelecidos, por exemplo, a recuperação de paládio de placas de circuito impresso e de cobalto de baterias de íons de lítio. Isso ocorre devido à raridade e o alto valor dos metais do grupo da platina (PMG). De acordo com a IEA a taxa de reciclagem de PMG a partir de componentes elétricos e conversores catalíticos é de aproximadamente 60%. O aumento de demanda por PMGs provocado pela transição energética deve viabilizar a recuperação de material secundário a partir de outras fontes, como as velas de ignição premium.

A reciclagem de antimônio de baterias de chumbo-ácido e de cobalto de baterias de íon-lítio (Li-ion) e níquel-metal-hidreto (NiMH) também já é economicamente viável nas atuais condições econômicas e já é praticada em escala industrial, no entanto outros materiais presentes em baterias ainda não são recuperados. A partir de 2030 uma maior quantidade de baterias de íons de lítio devem atingir o final de tempo de vida; ao mesmo tempo deve ocorrer um rápido e contínuo crescimento na demanda dos materiais críticos e estratégicos. A EU estima que apesar da reciclagem não eliminar a necessidade de investimento contínuo em novos suprimentos para atender às metas climáticas, até 2040, as quantidades recicladas de cobre, lítio, níquel e cobalto de baterias usadas podem reduzir a demanda combinada de suprimento primário desses minerais em cerca de 10 %. Os benefícios de segurança da reciclagem podem ser muito maiores para regiões com implantação mais ampla de tecnologias de energia limpa devido a maiores economias de escala⁶¹.

Apenas alguns processos de reciclagem industrial focam na recuperação de Terras Raras Leves (LREEs). O fraco interesse em reciclar LREEs é causado pela complexidade do processo de reciclagem. Os LREEs são geralmente incorporados como pequenos componentes em itens complexos ou como parte de um material complexo, tornando o processo de reciclagem intensivo em energia, economicamente caro e muito complexo. Por exemplo, a reciclagem de LREEs de motores ou componentes eletrônicos requer uma atividade de desmantelamento intensiva que geralmente é muito cara. Estima-se em 7% a taxa de reciclagem de produtos em fim de vida útil

⁶⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1542>

⁶¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1542>

para materiais de ETR leves (LREEE) na União Europeia. A reciclagem de elementos de terras raras (REE) em lâmpadas fluorescentes foi praticada até 2016, mas apesar de tecnicamente viável, a queda nos preços dos ETRs tornou a reciclagem impraticável em escala industrial, com interrupção das operações. Ainda assim, processos que consideram processos biohidrometalúrgicos têm sido estudados em todo o mundo (Giese, 2019).

Ímãs permanentes de neodímio-ferro-boro (NdFeB) são utilizados em discos rígidos de computadores e em geradores eólicos. O neodímio é um elemento de terras raras e pode ser recuperado após etapas prévias de desmontagem e de separação do ímã; seguida por dois processos distintos: i) recuperação de terras raras a partir do ímã permanente em final de vida; ii) produção de novo ímã a partir do ímã descartado. As tecnologias de recuperação de terras raras a partir de ímãs permanentes ainda estão em desenvolvimento. Algumas empresas que investem internacionalmente na recuperação de neodímio e disprósio a partir de equipamentos eletroeletrônicos são: Hitashi Metals, Santoku Corporation e Ames. Na Europa existem diversos projetos para inovação em reciclagem de resíduos eletrônicos.

Quando o grafite natural pode ser separado com sucesso de outros materiais e a contaminação não é um problema, este pode ser reciclado em vez de ser enviado para aterros sanitários; no entanto, devido à abundância de grafite na natureza, a reciclagem não é atualmente uma prioridade e a maior parte do grafite natural contido nos produtos em fim de vida acaba em aterros sanitários como resíduos perigosos. Ao mesmo tempo, a reciclagem de grafite de baterias de íon-lítio se tornará significativamente mais importante em razão da demanda.

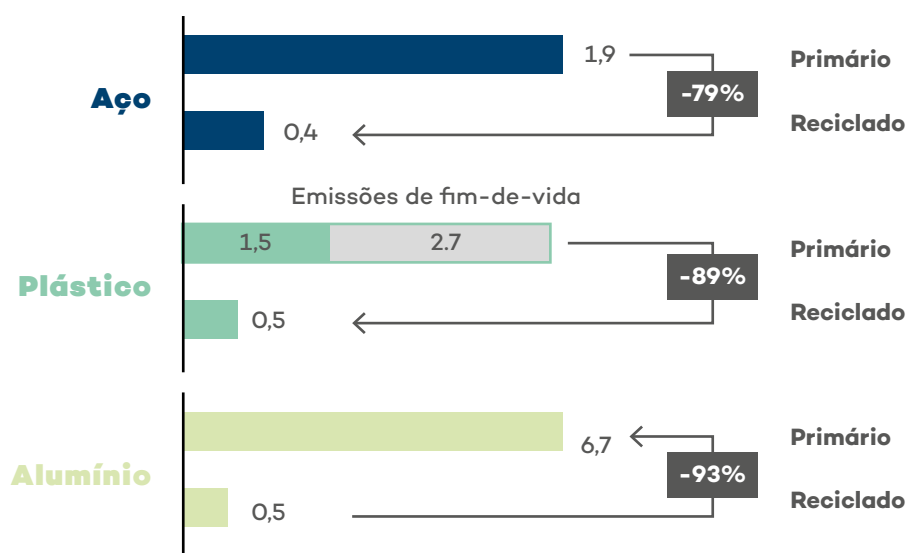
Para garantir um fornecimento mais seguro e sustentável de materiais críticos, a Comissão Europeia desenvolveu um plano de ação. O objetivo é propor ações para reduzir a dependência da Europa de outros países e regiões, diversificando a oferta de fontes primárias e secundárias de materiais críticos, melhorando a eficiência e a circularidade dos recursos. Algumas iniciativas já estão em vigor, fornecendo ferramentas para apoiar cadeias de valor resilientes e sustentáveis, como a Iniciativa de Matérias-Primas e a Aliança Europeia de Matérias-Primas.

A Comissão Europeia propõe ações para tornar a Europa menos dependente de países terceiros, nomeadamente através da diversificação da oferta de fontes primárias e secundárias de materiais críticos e estratégicos, ao mesmo tempo que melhora a eficiência e a circularidade dos recursos. O projeto CEWASTE desenvolveu um esquema de certificação voluntária para as instalações de coleta, transporte e tratamento dos principais tipos de

resíduos que contêm quantidades significativas de materiais valiosos e críticos, como WEEE e baterias.

Estudo realizado pela *Material Economics*⁶² estima que a produção de aço na União Europeia (Figura 37) é responsável por 10% das emissões atmosféricas totais de CO₂, enquanto a reciclagem de materiais com a finalidade de recuperação de recursos secundário equivale a 79% (aço) e 93% (alumínio) menor intensidade na emissão de CO₂ do que a produção a partir de recursos primários. A recuperação de material secundário possibilita o abatimento de emissões de atividades usualmente com baixo nível de abatimento, como é o caso da mineração e exploração de óleo e gás, por exemplo.

Figura 37: Intensidade de emissões para produção primária e secundária de materiais.



Fonte: Material Economics (2020).

Outras propostas incluem o reuso, por exemplo, de ímãs NdFeB a partir de HDD. Embora estejam sendo gradualmente substituídos por SSD, os HDD seguem em uso em todo o mundo e já constituem importantes fontes de mineração urbana. Nesse sentido a norma TS 50625-5 de 2017 na Eslo-

⁶² Material Economics. <https://materialeconomics.com/publications/publication/the-circular-economy-a-powerful-force-for-climate-mitigation>

váquia e a norma ABNT NBR 16.156:2013 no Brasil, estabelecem padrões para a destinação e gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos.

3.1.4 Rastreabilidade nas cadeias de valor e modelos de negócio

Implementar mecanismos que consigam viabilizar a rastreabilidade nas cadeias de valor é um dos grandes desafios da transição para a economia circular. Para uma efetiva gestão estratégica dos fluxos dos recursos em nossa sociedade, é imprescindível que o fluxo dos dados acompanhe o caminho percorrido pelos recursos. Um desafio que só conseguirá ser enfrentado com a cooperação entre setor privado, setor público e sociedade civil organizada.

As empresas buscando cada vez mais informações sobre a origem dos recursos que ela compra, implementando práticas de compras sustentáveis, como normalizado pela norma ISO 20400. Ao mesmo tempo, os governos incentivando a formalização de empresas e buscando maior isonomia de condições em mercados específicos, como o da mineração. Além disso, o mercado financeiro dando mais valor às empresas que possuem boas práticas de governança, com impactos sociais e ambientais positivos (ESG), e que prezam pela transparência de suas operações.

Este contexto, explicita uma tendência de maior controle sobre a gestão dos recursos fora dos muros das empresas. Trazendo desafios tanto para identificação da origem, como o destino final dos recursos utilizados por nossa sociedade, considerando toda a cadeia de valor.

Algumas medidas já estão sendo tomadas no Brasil, em especial para a cadeia do ouro, que reforçam essa tendência. Foi suspensa recentemente a premissa da Lei com a presunção de boa fé (Lei 12.844/13), que permitia a compra e venda de ouro sem denominação de origem. A Agência Nacional de Mineração (ANM) passou a obrigar a identificação do primeiro adquirente para o regime de Permissão de Lavra Garimpeira - PLG (Resolução nº 103/2022 ANM/MME) e Prevenção à Lavagem de Dinheiro e ao Financiamento do Terrorismo (Resolução nº 129/2023 ANM/MME). Além disso, o Banco Central passou a ter um maior controle do comércio de ouro por meio da nota fiscal eletrônica, utilizando a tecnologia de blockchain, que permite auditoria destas transações. A parceria entre a ANM e o INPE já começa a ser cogitada, para auxiliar no monitoramento via satélite de garimpos ilegais.

Inovar em modelos de negócio é uma boa forma de buscar diferenciação no mercado e testar possibilidades de ampliação do portfólio de produtos das empresas. A economia circular sugere modelos de negócios diversos com possibilidade de serem aplicados ao longo das cadeias de valor do setor mineral, são eles:

INSUMOS CIRCULARES

este modelo de negócio o valor pode ser otimizado pela criação de produtos a partir de coprodutos ou de compras de materiais provenientes da recuperação no fim de vida. Insumos que podem ser ou foram restaurados, como os reciclados, renováveis, reconicionados, remanufaturados ou materiais não contaminados, conhecidos como os de insumos circulares.

RECUPERAÇÃO DE RECURSOS

este modelo de negócio tem como objetivo, através das atividades do ciclo de vida reverso (ex.: remanufatura e reciclagem), recuperar o valor e função de produtos, componentes e materiais.

EXTENSÃO DA VIDA DO PRODUTO

este modelo de negócio visa aumentar a vida útil de materiais, o mantendo por mais tempo e utilidade. Pode ser implementado de acordo com quatro estratégias: (i) Extensão da durabilidade, produtos desenhados para durar mais tempo, incluindo reparos; (ii) reuso facilitado, com ou sem reparo/atualização; (iii) design modular, produtos desenhados de forma que suas partes possam ser trocadas/atualizadas sem a necessidade de trocar todo o produto; e (iv) reconicionamento, reparo e remanufatura, produtos desenhados para ganhar uma nova vida após seu uso.

COMPARTILHAMENTO

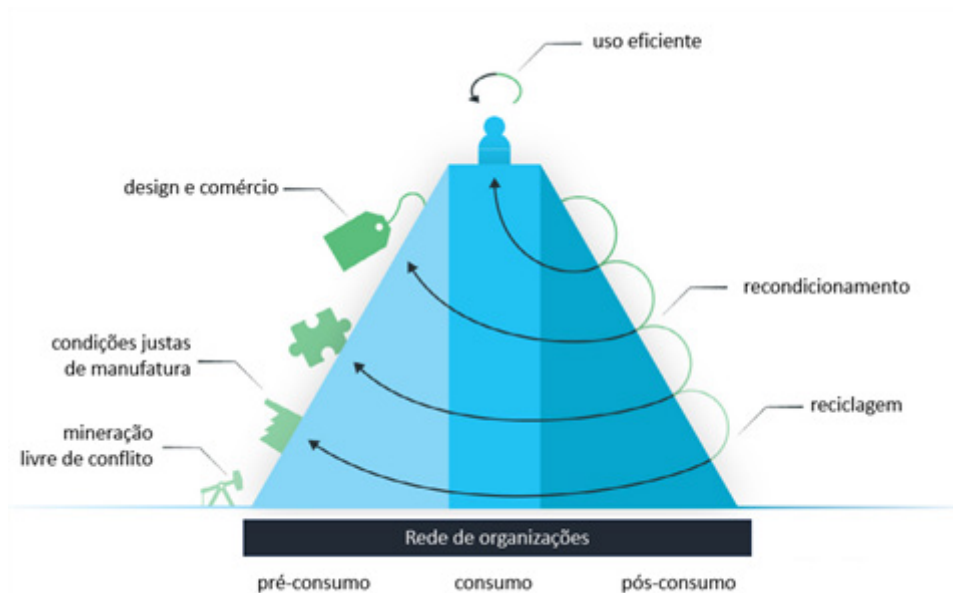
este modelo de negócio a oferta de valor também está baseado na função ou serviço de um produto, no entanto, é objetivado o aumento da eficiência de recursos aumentando o uso de produtos. Sendo assim, a posse do produto é da empresa prestadora de serviços e o cliente tem acesso ao produto apenas durante o seu uso.

PRODUTO COMO SERVIÇO

este modelo de negócio é baseado na oferta de valor a partir da função e serviço que um produto exerce, por meio de um compromisso entre a empresa detentora da posse do produto e do usuário/cliente do serviço.

Tendo esta definição como base, é possível estruturar as ações que contribuem com a transição para a economia circular da seguinte maneira (Figura 38): ações que adicionam valor; ações que retêm valor; ações que recuperam valor; ações que regeneram o ecossistema e ações que promovem a transição.

Figura 38: Cadeia de valor, *upstream* e *downstream*, ações para recuperação de valor.



Fonte: Adaptado a partir de Achterberg *et al.*, (2016)⁶³.

⁶³ <https://www.circle-economy.com/news/master-circular-business-with-the-value-hill>

Em síntese, as ações que adicionam valor fazem parte dos processos produtivos e das entregas principais da organização aos clientes, como por exemplo; otimização de processos, compras com critérios de sustentabilidade, inovação no design dos produtos e na prestação de serviço, entre outros. As ações que retêm valor estão relacionadas a práticas de manutenção, reparo, reuso, compartilhamento para intensificar o uso de infraestrutura e produtos, entre outros. Da mesma forma, as ações que recuperam valor envolvem a fase pós-consumo de um produto e promovem a captura de valor a partir de resíduos e coprodutos.

3.2 Políticas de minerais críticos e estratégicos de alguns países

As abordagens estratégicas empregadas por formuladores de políticas para assegurar ou desenvolver o suprimento de minerais estratégicos ou críticos necessários para a transição energética podem fornecer pistas sobre boas práticas para o uso eficiente dos recursos, bem como subsidiar a tomada de decisão. Para tanto, são analisados países selecionados com o intuito de apresentar um panorama das tendências atuais nesses países e identificar iniciativas potenciais relevantes ou aplicáveis ao contexto brasileiro que podem influenciar o futuro do cenário nacional de minerais estratégicos. A escolha dos países foi realizada considerando os perfis de produtores, consumidores, refinadores e/ou exportadores desses minerais. Para cada um destes países ou bloco será apresentado um breve histórico das políticas elaboradas, o arcabouço institucional vigente e iniciativas que podem servir como referências de boas práticas para a política brasileira sobre minerais críticos e estratégicos.

3.2.1 União Europeia, Estados Unidos e Reino Unido

A **União Europeia** pode ser considerada um dos precursores mundiais no delineamento de políticas especificamente voltadas para a garantia de suprimento de matérias-primas de base mineral. Já em 2008, o Parlamento Europeu deu início à política intitulada “*The raw materials*

*initiative: meeting our critical needs for growth and jobs in Europe*⁶⁴, a qual tem como objetivo assegurar um suprimento estável e um acesso sem distorções às matérias-primas cuja importância tem se revelado crescente e que foram consideradas fator para o desenvolvimento e competitividade da União Europeia.

Esta iniciativa, excetuando os bens da agricultura e combustíveis, tem como base três pilares: (i) uma avaliação do suprimento da Europa, tanto do ponto de vista da sua autossuficiência, como em relação a grande dependência de importações; (ii) as mudanças no mercado mundial no tocante a oferta e flutuação de preços e, também, em relação às novas estratégias industriais e de riscos de crises de mercado; e (iii) eficiência no uso de recursos através da redução do consumo de bens primários e desenvolvimento de iniciativas de reciclagem, substituição e priorização do uso de matérias-primas renováveis.

A estratégia delineada pela Comissão Europeia (CE) foi materializada no seu plano decenal intitulado “*Europe 2020*”⁶⁵. O objetivo deste plano é reforçar as prioridades para a inserção, progresso e desenvolvimento sustentável da economia europeia com foco no crescimento inteligente (baseado no conhecimento científico e inovação), crescimento sustentável (através da promoção de uso eficiente de recursos e tecnologias verdes e mais competitivas), e crescimento socialmente inclusivo. O documento que dá partida às iniciativas sobre matérias-primas é o *Raw Materials Initiative* de 2008, acima mencionado, que considerou as matérias-primas como essenciais para a sustentabilidade da economia europeia e funcionamento das sociedades modernas. Desde então, a União Europeia vem publicando regularmente listas de matérias-primas consideradas críticas, sendo a primeira publicada em 2011 com 14 matérias-primas críticas (*Critical Raw Materials – CRM*)⁶⁶.

64 CE – Comissão Europeia. Comunicação da Comissão – A iniciativa relativa às matérias-primas: satisfazer as nossas necessidades críticas de crescimento e emprego na Europa {SEC(2008) 2741}. Bruxelas: CE, 2008. https://eur-lex.europa.eu/translate/goog/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52008DC0699&_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=wapp

65 CE – Comissão Europeia. Europe 2020: a strategy for smart, sustainable and inclusive growth. Bruxelas: CE, 2010. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLET%20EN%20BAR-ROSO%20%20007%20-%20Europe%202020%20-%20EN%20version.pdf>

66 CE – Comissão Europeia. Communication from the commission – the challenges in commodity markets and on raw materials. [COM/2011/0025 final]. Bruxelas: CE, 2011. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52011DC0025>

A Tabela 12. ilustra a evolução das listas de matérias-primas consideradas críticas para a UE tendo sido atribuído ao Centro Comum de Pesquisa (*Joint Research Centre, JRC – DG GROW*) a tarefa de estabelecer a metodologia que seleciona as matérias-primas críticas, efetuar a coleta de informações e de opiniões de especialistas, analisá-las e elaborar as listas. A metodologia de avaliação da criticidade das matérias-primas desenvolvida, e constantemente revisada pelo JRC da CE é baseada em dois critérios centrais: importância econômica (EI) e risco de suprimento (SR).

Tabela 11: Evolução e Características das Listas de Matérias-Primas Críticas da UE.

1ª LISTA DE CRM (2011)	14 MATÉRIAS-PRIMAS	Estabelecida conjuntamente com um plano de ações prioritárias e uma pactuação de atualização do levantamento a cada três anos de forma a refletir os avanços na produção, mercados e desenvolvimento tecnológico.
2ª LISTA DE CRM (2014)	20 MATÉRIAS-PRIMAS	Versão revisada da 1ª lista de CRM com uma ampliação do escopo de matérias-primas avaliadas e reinamento da análise com o uso de dados adicionais sob a ótica de comparabilidade com o estudo anterior.
3ª LISTA DE CRM (2017)	27 MATÉRIAS-PRIMAS	Aprimoramento da metodologia de avaliação da criticidade das matérias-primas com foco na identificação de necessidades de investimento, promoção de programas de pesquisa e inovação e salientando a perspectiva de adoção de práticas voltadas para uma economia de baixo carbono, uso eficiente de recursos e economia circular.
4ª LISTA DE CRM (2020)	30 MATÉRIAS-PRIMAS	Ampla revisão da metodologia de avaliação da criticidade das matérias-primas sintetizadas em um guia de princípios, que passa a integrar os aspectos de aplicações industriais, comércio, substituição e reciclagem. Esta nova versão foi acompanhada dos seguintes estudos: relatório técnico-metodológico, relatório sobre economia circular, relatório sobre a política de ciência e tecnologia e relatório sobre tecnologias e setores estratégicos.
5ª LISTA DE CRM (2023)	34 MATÉRIAS-PRIMAS	Desenvolvimento de nova metodologia através da política regulatória “CRM act” que partindo do pressuposto da Declaração de Versalhes (2022) de tomar iniciativas decisivas para a manutenção da soberania europeia, passou a levar em consideração, além dos CRMs, também as matérias-primas estratégicas (<i>Strategic Raw Materials - SRM</i>). Entre as 34 CRM da 5ª lista, 16 matérias-primas também são consideradas estratégicas.

3.2.1.1 Políticas recentes da UE sobre matérias-primas críticas e estratégicas

2019: a Comissão Europeia apresentou o “Pacto Ecológico Europeu”⁶⁷ que iniciou a implementação de uma série de políticas, planos e programas. Dentre as ações propostas no Pacto, notam-se aquelas que influenciam na temática sobre as matérias-primas críticas, tais como: energia limpa; regulamentação da Rede Transeuropeia de Energia; energia eólica marítima; e a nova Estratégia industrial da UE com foco na economia circular⁶⁸.

2020: a “Nova Estratégia Industrial da Europa” abordou as propostas do setor industrial para o alcance das metas do Pacto Ecológico e em relação às matérias-primas críticas recomendou um Plano de Ação específico voltado para recuperação e reciclagem⁶⁹.

2022: a Declaração de Versailles de 2022 surgiu como uma resposta ao conflito Ucrânia - Rússia e teve rebatimentos sobre a temática das matérias-primas críticas⁷⁰, destacando-se o *Critical Raw Materials Act* (2023⁷¹) que lançou as seguintes iniciativas: (i) a criação de um Conselho Europeu sobre as Matérias-Primas Críticas (e Estratégicas); (ii) o acompanhamento das matérias-primas através de metodologias de criticidade e a revisão das listas de matérias-primas críticas a cada 4 anos; (iii) o estabelecimento de critérios para seleção de projetos visando licenciamentos mais ágeis e financiamentos de bancos estatais, bem como outras facilidades a serem promovidas pelos países membros, dentre elas

67 CE – Comissão Europeia. O Pacto Ecológico Europeu perspectiva o caminho a seguir para converter a Europa no primeiro continente neutro do ponto de vista climático no horizonte de 2050, estimulando a economia, melhorando a saúde e a qualidade de vida das pessoas, cuidando da natureza e não deixando ninguém para trás. Comunicação de Imprensa. CE, 2019. Disponível em: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pt/ip_19_6691

68 CE – Comissão Europeia. Pacto Ecológico Europeu. Bruxelas: CE, 2019. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?qid=1596443911913&uri=CELEX%3A52019D-C0640#document2>

69 CE – Comissão Europeia. Uma nova estratégia industrial para a Europa. p. 16. Bruxelas: 2020. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020D-C0102&rid=1>

70 CE – Comissão Europeia. Declaração de Versailles, de 10 a 11 de março de 2022. Versailles: CE, 2022. Disponível em: <https://www.consilium.europa.eu/fr/press/press-releases/2022/03/11/the-versailles-declaration-10-11-03-2022/>

71 EU – União Europeia; Direção-Geral do Mercado Interno, da Indústria, do Empreendedorismo e das PME. European Critical Raw Materials Act. Bruxelas: EU, 2023. Disponível em: https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/european-critical-raw-materials-act_pt

fomento à programas de pesquisa mineral voltados para descobertas de áreas promissoras de produção; (iv) o apoio à economia circular e sua adoção cada vez mais ampla pelos estados membros, com foco no reaproveitamento de rejeitos de mineração, resíduos eletroeletrônicos, e ímãs permanentes para recuperação de terras-raras; (v) o estabelecimento de parcerias estratégicas com países fora do bloco para garantir fornecimento através de acordos com os países membros; e (vi) o estabelecimento de metas a serem perseguidas na busca da redução de dependência e redução de risco de suprimento. O histórico e conteúdo das políticas europeias sobre as matérias-primas críticas podem ser encontradas na linha do tempo das políticas⁷².

2023: O Centro Comum de Pesquisa (JRC) selecionou mais de 30 matérias-primas críticas minerais necessárias para 15 tecnologias essenciais para a economia europeia, quais sejam : baterias de íon Li, células de combustível, eletrolisadores, turbinas eólica, motores elétricos, painéis solares, bombas de calor (condicionadores de temperatura), reatores de produção aço com hidrogênio por redução direta, rede de transmissão de dados, armazenadores e servidores de dados, smartphones, tablets e laptops, manufatura aditiva (modelagem CAD, impressão 3D e outros), robótica, drones, lançadores espaciais e satélites. Cinco setores são os principais receptores: energias renováveis, mobilidade elétrica, indústria, CT&I, aeroespacial e defesa.

A Comissão Europeia propôs um regulamento sobre as matérias-primas críticas e estratégicas intitulado “Matérias-primas críticas: garantir cadeias de abastecimento seguras e sustentáveis para o futuro ecológico e digital da UE”⁷³, com quatro objetivos: fortalecer as capacidades da União Europeia em todos os estágios da cadeia de valor de matérias-primas estratégicas, incluindo extração, processamento e reciclagem; diversificar o fornecimento externo; fortalecer a capacidade da União para monitorar e mitigar os riscos de fornecimento; e aumentar a circularidade e a sustentabilidade das matérias-primas críticas consumidas na União. Segundo a IRENA (2023), com relação ao primeiro objetivo, o regulamento definiu metas importantes para as matérias-primas estratégicas em 2030:

72 CE – Comissão Europeia. The European Commission's priorities 2019-2024. [online]. CE, 2019. Disponível em: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024_en

73 EU – União Europeia; Direção-Geral do Mercado Interno, da Indústria, do Empreendedorismo e das PME. European Critical Raw Materials Act. Bruxelas: EU. 2023. Disponível em: https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/european-critical-raw-materials-act_pt

- Extração de pelo menos 10% na União Europeia.
- Processamento de pelo menos 40% na União Europeia.
- Reciclagem de pelo menos 15% na União Europeia.
- Não mais do que 65% do consumo anual da União Europeia de cada matéria-prima estratégica em qualquer estágio relevante de processamento de um único terceiro país.

O regulamento também estabelece um sistema para selecionar e implementar projetos estratégicos, dentro e fora da União Europeia, que se beneficiariam de uma aceleração na obtenção de licenças e financiamento adicional. Também cria o “Conselho Europeu de Matérias-Primas Críticas” para assessorar a Comissão Europeia e os países membros, além de estabelecer uma estrutura para discutir parcerias estratégicas com terceiros países e implementar um sistema para a compra conjunta de matérias-primas críticas de terceiros países.



SUGESTÕES DE POLÍTICAS E BOAS PRÁTICAS EUROPEIAS PARA O BRASIL

A UE vem consolidando suas políticas sobre as matérias-primas críticas e, recentemente, ampliou os conceitos para abordar também as matérias-primas “estratégicas”; desse histórico e das políticas atuais, algumas iniciativas merecem destaque e podem servir como benchmarks para possíveis adaptações ao caso brasileiro:

- A primeira iniciativa intitulada *Raw Materials Initiative* (2008) trouxe evidências obtidas por estudos e avaliações da dependência e situação de risco de suprimento de matérias-primas para a UE. Sem esses estudos prévios, a elaboração de planos de ação, preparação de orçamentos e previsões seriam ineficientes, pois as prioridades são muitas e necessitam de escalas e abrangências adequadas.
- A segunda iniciativa é o desenvolvimento da Base de Conhecimento de Matérias-Primas da União Europeia (EURMKB) que desenvolveu o Sistema de Informação de Matérias-Primas (*Raw Materials Initiative System* - RMIS), disponibilizando uma plataforma com fontes de dados e informações técnicas sobre o tema⁷⁴.

74 CE – Comissão Europeia. RMIS – *Raw Materials Information System*. [online]. CE, 2023. Disponível em: <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/>

- A terceira iniciativa foi o desenvolvimento da metodologia de avaliação de criticidade das matérias-primas⁷⁵, que foi crucial para a elaboração das listas de matérias-primas críticas, e apresentam inúmeras informações complementares que proporcionaram um panorama privilegiado para os formuladores de políticas.
- Uma quarta iniciativa, similar ao “Conselho Europeu de Matérias-Primas Críticas”, poderia ser um Comitê de Minerais Estratégicos, no âmbito do Conselho Nacional de Política Mineral, (a ser instalado).

3.2.2 Estados Unidos

Os Estados Unidos têm longa tradição de pesquisas sobre a disponibilidade e demanda de bens minerais. Desde o início do século XX, o *United States Geological Survey* (USGS) atua no mapeamento geológico para identificar potencialidades domésticas, além de realizar estudos sobre a produção estrangeira de suprimentos minerais, especialmente os que são escassos em seu território.

Durante a Primeira Guerra Mundial foi reconhecida a importância dos minerais de níquel, nitratos, platina, potássio e estanho, considerados nesta época como “*war minerals*”, por serem escassos e importantes para a atuação na guerra. O USGS detém um acervo de dados estatísticos sobre algumas *commodities* que remonta aos anos de 1900, que persistem até os dias atuais, tais como: “*Mineral Industry Surveys*”, “*Annual minerals Yearbook*” e o “*Mineral Commodity Summaries*”.^{76,77}

Nos arquivos do USGS verifica-se que o governo dos EUA engajou, já no período entre guerras, diferentes departamentos existentes à época, como o *U.S. Bureau of Mines*, o *Department of the Interior* e o *Defense Minerals*

75 CE – Comissão Europeia; JRC – *Joint Research Centre. Assessment of the methodology for establishing the EU List of Critical Raw Materials*. Bruxelas: CE; JRC, 2019. https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/library/Criticality_Methodology_Assessment.pdf

76 USGS – *United States Geological Survey. Historical Statistics for Mineral and Material commodities in the United States*. [online]. Spokane-WA: USGS; *National Minerals Information Center*, [2018]. <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/historical-statistics-mineral-and-material-commodities>

77 USGS – *United States Geological Survey. Mineral Commodity Summaries*. Spokane-WA: USGS, 2023. <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/mineral-commodity-summaries>

Exploration Administration, entre outros, que foram responsáveis por administrar tanto a exploração mineral doméstica como as estratégias de garantia de suprimentos, classificados como estratégicos e críticos, principalmente sob a prerrogativa de segurança nacional, com foco no setor de defesa e competitividade de sua indústria⁷⁸. Os EUA disponibilizam séries históricas de dados sobre a produção mundial de *commodities* minerais selecionados desde 1990⁷⁹, onde estão compiladas informações sobre reservas minerais, empresas de mineração, fundição, refino, fornecedores, entre outros dados, que são coletados através de questionários aplicados em 145 países.

A partir dos anos 2000, com o avanço da economia de mercado global e a crescente evolução tecnológica, tornou-se cada vez mais evidente os riscos de interrupção/redução de suprimentos e de flutuações nos preços de *commodities* como ameaças para a soberania e defesa nacional dos EUA. Em 2008, o *United States National Research Council* publicou o relatório “*Minerals, Critical Minerals and the U.S. Economy*” que cunhou uma nova definição para os minerais críticos, definidos em função de duas variáveis: importância de uso e disponibilidade⁸⁰.

Desde então, centros de pesquisa e universidades vêm sendo apoiados por diferentes departamentos de governo (ministérios) dos EUA para o desenvolvimento de metodologias e abordagens de avaliação da criticidade dos minerais e materiais. A atual metodologia de avaliação da criticidade de minerais envolve a incorporação de grande variedade de dados das mais diversas áreas, tais como: geologia, tecnologia, economia, comportamento humano, avaliação de especialistas, entre outros. O mais referenciado autor na área de matérias-primas críticas, professor Graedel da Universidade de Yale (Graedel, 2022)⁸¹, propôs a metodologia de avaliação atualmente adotada pelos EUA, a qual conjuga três componentes em três dimensões: (i) vulnerabilidade à restrição de suprimento (importância, substitutibilidade e susceptibilidade); (ii) risco de suprimento (geológico/técnico/econômi-

78 USGS – *United States Geological Survey. Historical Files from Federal Government Mineral Exploration-Assistance Programs, 1950 to 1974.* [online] Data Series 1004. Spokane-WA: USGS, [2016]

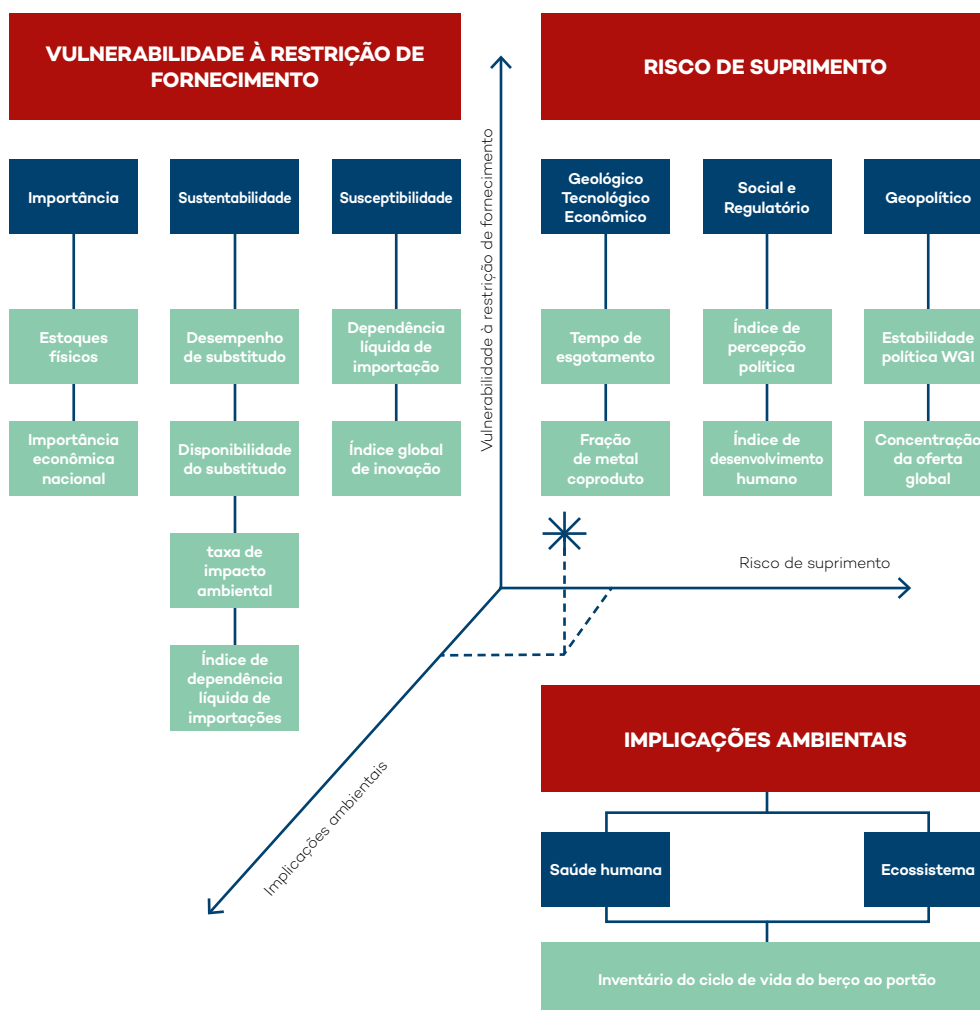
79 Matos, G.R., comp, *Historical global statistics for mineral and material commodities* (2015 version): *U.S. Geological Survey Data Series 896.* [online]. USGS; *National Minerals Information Center.* 2015. <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/historical-global-statistics-mineral-and-material>

80 *National Research Council.* (2008). *Minerals, critical minerals, and the U.S. economy.* Washington D.C., USA: National Research Council.

81 Graedel, T.E., Barr, R., Chandler, C., Chase, T., Choi, J., Christoffersen, L., et al. (2012). *Methodology of metal criticality determination. Environmental Science and Technology*, 46(2), 1063–1070.

co, social/regulatório e geopolítico); e (iii) implicações ambientais (saúde humana e ecossistema), como ilustra a Figura 39 a seguir:

Figura 39: Os três eixos de avaliação da criticidade de metais dos Estados Unidos



Políticas recentes dos EUA sobre matérias-primas críticas e estratégicas

A visão do programa de minerais e materiais críticos dos EUA para suas cadeias de abastecimento domésticas almeja obter suprimentos “confiáveis, resilientes, acessíveis, diversos, sustentáveis e seguros”, para apoiar a transição para energia limpa e a descarbonização, manufatura e transporte, ao mesmo tempo que promovam “soluções seguras, sustentáveis, econômica e ambientalmente justas para atender necessidades atuais e futuras”.

Uma abordagem tradicionalmente praticada pelo governo dos EUA para garantia de suprimentos, desde o período entre guerras, é o estoque de materiais considerados estratégicos para a defesa nacional e a segurança econômica⁸². Entretanto, a constante evolução tecnológica e crescimento na demanda de recursos têm influenciado em conflitos na disputa de interesses e de aspectos geopolíticos (Nakano, 2021⁸³) para a garantia do suprimento de recursos no mercado internacional, onde se destacam as seguintes dinâmicas (Graedel, 2012): (i) contínuo decréscimo dos teores de minério; (ii) incertezas na garantia de disponibilidade no longo prazo para determinados metais; (iii) concentração de recursos minerais em países que tensionam disputas e provocam ameaças a soberania dos EUA.

Estas dinâmicas apontadas no *Critical Materials Strategy* em 2010 (DOE, 2010⁸⁴) vêm delineando a estratégia do país no encaminhamento de ações-respostas à questão do suprimento de materiais críticos, buscando: (i) integrar uma agenda de pesquisa entre diferentes departamentos de governo; (ii) fortalecer a coleta de informações confiáveis e capacidades de avaliação, tanto domésticas como mundiais; (iii) fomentar parcerias internacionais (inicialmente apontando o Japão e União Europeia, e mais recentemente com Austrália⁸⁵ e Canadá⁸⁶ para reduzir a vulnerabilidade no suprimento de materiais críticos.

Na trajetória da segunda década do século XXI, uma das disputas mais marcantes dos EUA neste e outros temas têm sido com a China, que detém grande participação no fornecimento de importantes reservas minerais e insumos para inúmeras tecnologias, principalmente os Elementos de Terra Raras (ETR).

82 CRS - Congressional Research Service. *Critical Minerals and U.S. public policies*. Washington: CRS, 2019. Disponível em: <https://www.everycrsreport.com/reports/R45810.html>

83 NAKANO, J., 2021. *The geopolitics of critical minerals supply chains*. Washington: CSIS. <https://www.csis.org/analysis/geopolitics-critical-minerals-supply-chains>

84 DOE - U.S. Department of Energy. *Critical Materials Strategy*. Washington: DOE, 2010.

85 White House. *Australia-United States Climate, Critical Minerals and Clean Energy Transformation Compact*. [online]. Briefing Room, Statements and releases. Washington, White House, 20 mai. 2023. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/05/20/australia-united-states-climate-critical-minerals-and-clean-energy-transformation-compact/>

86 Canada. Government of Canada. *Canada and U.S. finalize joint Action Plan on Critical Minerals Collaboration*. Natural Resources Canada, 9 Jan. 2020. Disponível em: <https://www.canada.ca/en/natural-resources-canada/news/2020/01/canada-and-us-finalize-joint-action-plan-on-critical-minerals-collaboration.html>

Neste contexto, o aprimoramento da metodologia de determinação da criticidade de materiais e matérias-primas tem sido um tema prioritário no congresso norte-americano, sendo ratificada na *Executive Order* nº 13.817⁸⁷, de 20 de dezembro de 2017, intitulada como “uma estratégia federal para garantir o abastecimento seguro e confiável de minerais críticos”⁸⁸.

A coordenação desta temática é realizada pelo *National Science and Technology Council*, que é o ente executivo que articula diferentes departamentos de governo, colaborando nas decisões e programas nacionais e publicando as “*U.S. Critical Minerals List*” e suas respectivas metodologias. Em 2018, a metodologia de avaliação dos minerais críticos foi atualizada e ampliada⁸⁹, partindo de um levantamento sobre 77 minerais, que resultou na lista de 35 minerais críticos para os EUA em 2018. Em 2021, a metodologia de avaliação dos minerais críticos dos EUA foi revisada e ampliada, e culminou na última lista de minerais críticos dos EUA de 2022, que engloba 50 destes minerais (USGS, 2022⁹⁰).

Nos últimos anos entre os atos presidenciais se destaca a promulgação do *Energy Act* em 2020, que distinguiu a definição entre materiais e minerais críticos e os respectivos entes responsáveis, ampliando o escopo da metodologia de avaliação da criticidade de materiais e minerais críticos a partir da atuação do *U.S. Department of Energy* em 2023⁹¹.

A Lei de Energia de 2020 define um “mineral crítico” como qualquer mineral, elemento, substância ou material designado como crítico pelo Se-

87 Canada. *Government of Canada. Canada and U.S. finalize joint Action Plan on Critical Minerals Collaboration. Natural Resources Canada*, 9 Jan. 2020. Disponível em: <https://www.canada.ca/en/natural-resources-canada/news/2020/01/canada-and-us-finalize-joint-action-plan-on-critical-minerals-collaboration.html>

88 U.S. *Office of the President. Secretary of Commerce. A Federal Strategy to Ensure Secure and Reliable Supplies of Critical Minerals*. USSC, 2020. Disponível em: https://www.commerce.gov/sites/default/files/2020-01/Critical_Minerals_Strategy_Final.pdf

89 NSTC - *National Science and Technology Council. Assessment of Critical Minerals: Updated Application of Screening Methodology. Subcommittee on Critical and Strategic Mineral Supply Chains Committee on Environment, Natural Resources, and Sustainability*. Washington: NSTC, 2018. Disponível em: <https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2018/02/Assessment-of-Critical-Minerals-Update-2018.pdf>

90 USGS – *United States Geological Survey; DOI – Department of the Interior. 2022 Final List of Critical Minerals*. USGS; DOI, 2022. Disponível em: <https://www.federalregister.gov/documents/2022/02/24/2022-04027/2022-final-list-of-critical-minerals>

91 USDE – *U.S. Department of Energy. Critical Materials Assessment*. USDE, 2023. Disponível em: https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-07/doe-critical-material-assessment_07312023.pdf

cretário do Interior, agindo através do United States Geological Survey⁹². A Lei assim define “materiais críticos”: (i) que apresente um alto risco de interrupção da cadeia de abastecimento; e (ii) desempenhe uma função essencial em uma ou mais tecnologias energéticas, incluindo tecnologias que produzem, transmitem, armazenam e conservam energia. Deste modo, percebe-se que os materiais críticos englobam, além dos minerais críticos, também qualquer mineral, elemento, substância ou material que possuem alto risco de suprimento ou função essencial para setores estratégicos norte-americanos.

Para além do aprimoramento conceitual nas definições e das metodologias ligadas aos minerais e materiais críticos, inúmeras iniciativas complementares têm sido endereçadas à temática, tais como: investimentos pesquisas para recuperação e substituição de minerais e materiais para reduzir risco de suprimento industrial; a *Executive Order* 13.959, que incide sobre a ameaça dos investimentos em títulos que financiam certas empresas da República Popular da China⁹³; a *Executive Order* 14.017, que trata das ameaças à cadeia de abastecimento estadunidense resultante da dependência de minerais críticos de adversários estrangeiros e apoiando as indústrias nacionais de mineração e processamento; forças tarefas para a produção de baterias e a iniciativa de materiais americanos para a manufatura de baterias⁹⁴.

Essas forças-tarefas são também acompanhadas de grandes investimentos para apoiar, por exemplo: uma transição pertinente e robusta para veículos elétricos, reequipando fábricas existentes, alcançando 15 bilhões de dólares, projetos de demonstração de armazenamento de energia de longa duração, projeto colaborativo para aproveitar e unificar a pesquisa

92 DOE - Department of Energy. *What are critical materials and critical minerals? Critical Minerals & Materials Program*. [online]. Washington: DOE, 2023. Disponível em: <<https://www.energy.gov/cmm/what-are-critical-materials-and-critical-minerals>>

93 White House. *Executive Order on Addressing the Threat from Securities Investments that Finance Certain Companies of the People's Republic of China*. [online]. Washington: White House, 3 jun. 2021. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2021/06/03/executive-order-on-addressing-the-threat-from-securities-investments-that-finance-certain-companies-of-the-peoples-republic-of-china/>

94 White House. *Biden-Harris Administration Driving U.S. Battery Manufacturing and Good-Paying Jobs*. [online]. Washington: White House, 12 out. 2022. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/10/19/fact-sheet-biden-harris-administration-driving-u-s-battery-manufacturing-and-good-paying-jobs/>

de materiais críticos em todo o ecossistema de inovação da América (DOE, 2023⁹⁵), entre diversos outros projetos recentes.

Um ponto de articulação do tema, para além das iniciativas de fomento, é o programa de “Levantamento sobre materiais críticos para avaliar a segurança da cadeia de suprimentos para tecnologias de energia limpa” de julho de 2023, que é integrada aos esforços do Departamento do Interior e que pressupõe o estruturação de ações para cada mineral crítico, levando em consideração um levantamento específico a fim de endereçar estratégias específicas para cada material e seus riscos de suprimento associados, que são disponibilizados em relatório.

O *Inflation Reduction Act* (IRA), lançado em 2022, destinou US\$ 369 bilhões para apoiar a transição energética nos Estados Unidos e se relaciona aos minerais críticos por meio das seguintes medidas, entre outras (IRENA, 2023):

- Incentivo à produção: empresas mineradoras que extraem metais críticos poderão solicitar um crédito de produção equivalente a 10% dos custos de produção, desde que os minerais extraídos atinjam os níveis de pureza especificados.
- Teor de minerais críticos em baterias de veículos elétricos (EVs): o IRA também define uma meta para o teor de minerais críticos nas baterias de EVs. Para ser elegível a um crédito fiscal em 2023 (primeiro ano do programa), 40% dos materiais essenciais em sua bateria devem ser provenientes dos Estados Unidos, de parceiros locais de livre comércio, ou da reciclagem na América do Norte. Esse percentual aumenta gradualmente para 80% até 2027 e posteriores (US Government Publishing Office, 2022).
- Restrição a fornecedores: o IRA estipula ainda que um EV não será elegível para crédito fiscal se sua bateria contiver “qualquer” mineral crítico proveniente de chamadas “entidades estrangeiras preocupantes”.

Nessa linha de diplomacia estratégica, em setembro de 2022, o presidente dos EUA assinou uma Ordem Executiva que pede ao “Comitê de Investimento Estrangeiro nos Estados Unidos” para revisar todas as solicitações de investimento em minerais críticos que afetam a segurança nacional.

95 DOE - Department of Energy. DOE Launches Critical Materials Collaborative to Harness and Unify Critical Materials Research Across America's Innovation Ecosystem. [online]. Washington: DOE, 21 set. 2023. Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/articles/doe-launches-critical-materials-collaborative-harness-and-unify-critical-materials>



SUGESTÕES DE POLÍTICAS E BOAS PRÁTICAS DOS EUA PARA O BRASIL

A estratégia do Programa de Minerais e Materiais Críticos dos EUA envolve iniciativas específicas e transversais. As específicas são: (i) diversificar e expandir o suprimento; (ii) desenvolver alternativas; (iii) eficiência na produção de materiais; (iv) economia circular; (v) ações habilitadoras (levantamentos, estudos específicos, avanços teóricos e experimentais); enquanto as transversais são: (i) ciência básica, pesquisa aplicada e desenvolvimento, demonstração e implantação; (ii) educação e desenvolvimento da mão de obra. Ambas as iniciativas representam excelentes subsídios para a formulação e implementação das políticas públicas sobre minerais estratégicos e críticos no Brasil.

De fato, entre as inúmeras iniciativas em articulação na política norte-americana sobre os minerais e materiais críticos que podem ser sugeridas para a política mineral brasileira, destacam-se:

- Integração em um programa único da atuação de diferentes departamentos de governo, orientados por uma coordenação central, com foco em Ciência & Tecnologia, e por estudos específicos com estratégias para cada material ou mineral;
- Amplo levantamento de dados, tanto doméstico como internacional, para uma melhor apuração da criticidade de matérias-primas, tanto do ponto de vista da sua importância para a economia, quanto dos riscos de suprimento associados;
- Repositórios, relatórios e sistemas disponibilizados online consolidando séries históricas de dados estatísticos e dados georreferenciados sobre recursos minerais mundiais que direcionam investimentos específicos;
- Parcerias com outros países, principalmente com aliados, para a produção doméstica de suprimento, incluindo também parcerias com países fornecedores e parceiros comerciais.

3.2.3 Reino Unido

O Reino Unido fez sua estruturação da política sobre minerais críticos mais recentemente, com sua política sobre minerais críticos através do documento intitulado *“Resilience for the Future: the United Kingdom’s*

Critical Minerals Strategy”, que foi publicado em julho de 2022. No Reino Unido a principal instituição responsável pelo levantamento de recursos minerais é a *British Geological Survey* (BGS), uma organização centenária que vêm monitorando o suprimento, demanda e vulnerabilidade das cadeias produtivas de matérias-primas desde 1913, mantendo um banco de dados sobre produção e comércio, por país e *commodities*.

Entre as atividades de pesquisa do BGS sobre as matérias-primas críticas, sua atuação está voltada para a identificação do risco de suprimento e ao aprimoramento do conhecimento sobre os processos geológicos que produzem os principais metais considerados críticos. A BGS atua em estudos nacionais para avaliação das matérias-primas críticas e, também como conselheira junto ao *“Raw Materials Initiative”* da Comissão Europeia. A instituição mantém publicações anuais de relevância com estatísticas sobre a produção de bens minerais, em especial de metais críticos selecionados, tais como o *World Mineral Production* e o *European Mineral Statistics*.

Estratégia atual do Reino Unido para os minerais críticos

Desde 2011, a BGS vem publicando as “listas de risco” (risk list) para um conjunto de elementos considerados críticos cuja metodologia passou por uma revisão em 2015 englobando o levantamento sobre 41 elementos que foram avaliados com base em sete critérios:

- 1.** concentração da produção;
- 2.** distribuição das reservas;
- 3.** taxa de reciclagem;
- 4.** substitutibilidade;
- 5.** governança entre principais nações produtoras;
- 6.** governança entre principais nações detentoras de reservas; e
- 7.** subprodutos e coprodutos.

Como explicam Schrijvers *et al*, as metodologias de avaliação de criticidade dos países diferem quanto a sua compreensão do que está em risco para o país. Do ponto de vista do Reino Unido, considera-se como risco os aspectos econômicos e as mudanças do *“life style”* nacional. A metodologia do Reino Unido incorpora alguns aspectos das metodologias da União Europeia e dos Estados Unidos, tais como: (i) variabilidade da oferta devido à competição por recursos; (ii) situação geopolítica; (iii) práticas nacionalistas sobre recursos; (iv) outros riscos, como greves e acidentes. O objetivo das listas de risco do Reino Unido é informar os tomadores de decisão, a indústria e os consumidores sobre as ocorrências que incidem sobre a necessidade de diversificar a oferta, aumentar a reciclagem e reduzir o uso de recursos.

A primeira estratégia governamental do Reino Unido para os minerais críticos (*Critical Minerals Strategy*) foi publicada apenas em 2023⁹⁶, que consiste em um plano com o objetivo de “proteger as cadeias de abastecimento, aumentando a capacidade interna de forma que gere novos empregos e riqueza, atraindo investimento e desempenhando um papel de liderança na resolução de desafios globais com os seus parceiros internacionais”. Em específico, o plano objetiva: (i) acelerar o crescimento das capacidades domésticas de produção do Reino Unido; (ii) colaborar com os parceiros internacionais na definição de estratégias; (iii) colaborar na melhoria dos mercados internacionais para torná-los mais receptivos, transparentes e responsáveis.

O Reino Unido criou em 2022 um centro de inteligência para os minerais críticos (*Critical Minerals Intelligence Centre* - CMIC) para apoiar na garantia de fornecimentos adequados, oportunos e sustentáveis dos minerais e metais necessários para a transição energética da sua economia visando a redução das emissões. O CMIC é coordenado pelo BGS e o *Department for Business & Trade* (DBT), que atuam conjuntamente com universidades públicas e privadas e também com o setor público, reunindo esforços para analisar as informações sobre oferta e busca por minerais críticos, suas cadeias produtivas globais e a utilização pela indústria do Reino Unido (CMIC, 2023⁹⁷).

A estratégia de 2022 “*Resilience for the Future: the United Kingdom’s Critical Minerals Strategy*” tem como pontos centrais: (i) acelerar a produção doméstica visando maximizar a produção interna, reunir habilidades em mineração, pesquisa & desenvolvimento em tecnologias de ponta e economia circular; (ii) colaborar com parceiros internacionais para diversificar o suprimento de forma a torna-lo mais resiliente às oscilações de mercado, dar suporte a empresas do Reino Unido, desenvolver políticas diplomáticas e de comércio para ampliar a atuação do Reino Unido; (iii) melhorar os mercados internacionais de modo a acelerar as iniciativas de *Environmental Social Governance* (ESG) para reduzir a vulnerabilidade de ruptura do suprimento, tornar os mercados mais transparentes e eficientes.

O Reino Unido publicou em 2023 a política “*Critical Minerals Refresh: Delivering Resilience in a Changing Global Environment*”, que apresenta iniciativas e ações firmadas e em andamento para dar celeridade a estratégia do Reino Unido cunhada em 2022.

96 UK – United Kingdom. DBT – Department for Business and Trade; DBEIS – Department of Business, Energy & Industrial Strategy. *Resilience for the future: the UK’s Critical Minerals Strategy. Policy Paper*. [online]. DBT; DBEIS, 2022

97 CMIC – UK Critical Minerals Intelligence Centre. [online]. London: CMIC, 2023. Disponível em: <https://ukcmic.org/>

A plataforma de resiliência das cadeias produtivas de minerais críticos tem como foco 5 aspectos:

1. diversificação;
2. parcerias internacionais;
3. capacidade de estocagem;
4. *onshoring* (produção interna) e
5. gestão da demanda.

Estes aspectos devem ser amparados pela disponibilidade e transparência de dados, informações e políticas públicas para dar solidez às iniciativas em andamento. A Tabela 12 sumariza as categorias elencadas na estratégia para os minerais críticos (2022) e as iniciativas e ações apontadas no documento *Critical Minerals Refresh* (2023).

Tabela 12: Categorias da estratégia do Reino Unido para os minerais críticos e iniciativas recentes.

Categorias da <i>Critical Minerals Refresh</i> (2022)	Iniciativas e ações do <i>Critical Minerals Refresh</i> (2023)
ACCELERAR AS CAPACIDADES DE PRODUÇÃO DOMÉSTICA	<p>PROGRAMAS</p> <p>(1) “<i>Innovate UK’s Circular Critical Materials Supply Chains</i>” para produção doméstica de terras raras (15 milhões de euros); (2) “<i>Driving the Electric Revolution</i>” para investir na mobilidade sustentável (80 milhões de euros); (3) “<i>Red Diesel Replacement</i>”, financiamento de tecnologias inovadoras para descarbonização (32,5 milhões de euros).</p>
COLABORAR COM PARCEIROS INTERNACIONAIS	<p>PRINCIPAIS PARCEIROS</p> <p>Canadá, Austrália, Coreia, Arábia Saudita, África do Sul</p> <p>Acordos de parceria bilaterais</p> <p>(1) “Parceria sobre minerais para futuras tecnologias de energia limpa” (com África do Sul); (2) Declaração de intenções e diálogo sobre minerais críticos (com Canadá); (3) Parceria para segurança mineral (com Austrália, Canadá, Finlândia, França, Alemanha, Japão, Coreia, Noruega, Suécia, EUA, UE).</p>
MELHORAR OS MERCADOS INTERNACIONAIS	<p>PROGRAMAS</p> <p>“Resiliência da cadeia produtiva” (guia para poder público e privado).</p> <p>ACORDOS</p> <p>(1) “<i>Extratives Industries Transparency Initiative</i> (EITI)”; “<i>Sustainable Critical Minerals Alliance</i>”; “<i>Critical Minerals Intelligence Centre</i> (CMIC).</p> <p>SISTEMAS</p> <p>(1) <i>UK Mineral Statistics</i>; (2) <i>UK Mineral yearbook</i>; (3) <i>World Mineral Statistics</i>; (4) <i>UK Critical Minerals Intelligence Centre</i>.</p>

Fonte: UK (2023).

As estratégias atuais do Reino Unido partem de uma avaliação da indústria britânica para identificação dos riscos com a finalidade de dar suporte ao setor industrial, tendo em vista que o país detém grande dependência de fontes externa de suprimento. Contudo a estratégia se ancora também no desenvolvimento da produção doméstica de minerais críticos, com suporte de programas, bancos de dados, estudos geológicos e mineralógicos e reformas em políticas públicas. Outras iniciativas e ações também se destacam, tais como: (i) criação de um fundo de investimentos diretos para projetos de minerais críticos; (ii) promover pesquisa & desenvolvimento no âmbito da economia circular, recuperação de materiais, aspectos ambientais e oportunidades para melhoria da circularidade de minerais críticos no Reino Unido; (iii) fomentar a inovação; (iv) firmar parcerias bilaterais e multilaterais; (v) mobilizar o setor privado no desenvolvimento de estratégias para diversificar o suprimento; (vi) promover Londres como uma capital mundial para financiamento e comércio de minerais críticos; (vii) estimular e consolidar bases de dados rastreáveis e transparentes.



SUGESTÕES DE POLÍTICAS E BOAS PRÁTICAS DO REINO UNIDO PARA O BRASIL

A política do Reino Unido para os minerais críticos está na interface entre as políticas da União Europeia e dos Estados Unidos, pois combina aspectos metodológicos e conceituais de ambas, nas quais o BGS tem sido um dos participantes nas suas elaborações⁹⁸. Amparado nessa experiência, destacam-se alguns aspectos da política britânica que podem servir de subsídios para inspirar a adoção de boas práticas à política brasileira sobre minerais estratégicos:

- Formação de uma comissão de especialistas, que atua na elaboração de estudos e levantamentos sobre minerais críticos e conjuntamente aos tomadores de decisão/formuladores de políticas públicas⁹⁹;
- Centralização de uma base de dados rastreável e eficiente para a melhoria dos estudos e avaliações;

98 Council on Geostrategy; Environmental Security Programme. Critical Minerals: towards a British Strategy. Policy Paper No. ESPPP01. Nov., 2021. Disponível em: <https://www.geostrategy.org.uk/app/uploads/2021/11/ESPPP01-25112021.pdf>

99 UK Parliament. Science and Technology Committee - Fifth Report - Strategically important metals. London: UK Parliament. 17 mai. 2011. Disponível em: <https://publications.parliament.uk/pa/cm201012/cmselect/cmsctech/726/72602.htm>

- Aplicação de investimentos diretos e formação de fundos dedicados exclusivamente a promoção de tecnologias e instrumentos facilitadores para a produção ou suprimento de minerais críticos;
- Acordos e parcerias bilaterais e multilaterais para dar maior resiliência ao suprimento de minerais críticos;
- Investimento maciços em pesquisa & desenvolvimento nas áreas geológicas, mineralógicas, de transformação e substitutibilidade de materiais, aspectos de economia circular e inovação;
- Engajamento do governo junto ao setor industrial para: (i) identificação de riscos; (ii) oferecimento de suporte à indústria através da formulação de políticas direcionadas; (iii) colaboração na diversificação de fornecedores; e (iv) fomentar financiamentos para desenvolvimento tecnológico e eficiência energética-ambiental.

3.2.4 Japão

Contexto e Importância

O Japão, dependente da importação de minerais estratégicos como lítio, cobalto, níquel, nióbio, tungstênio, chumbo e terras raras, enfrenta desafios significativos em sua economia e segurança nacional. Em 2012, o governo japonês anunciou a Estratégia para a Segurança dos Recursos, com a listagem de 30 minerais de importância (Hatayama e Tahara, 2015)¹⁰⁰. Estes minerais são cruciais para tecnologias avançadas e a alta dependência externa destes recursos expõe o país a riscos de interrupções na cadeia de suprimentos e instabilidades geopolíticas. De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA, 2022¹⁰¹), o Japão importa 92% de seus minerais estratégicos. Os principais países fornecedores são Austrália (35%), China (22%), Canadá (15%) e Estados Unidos (10%).

100 <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2015.02.004>

101 <https://www.iea.org/reports/introducing-the-critical-minerals-policy-tracker>

Estratégias e Acordos Internacionais

O governo japonês tem adotado políticas ativas para mitigar os riscos de suprimento. Em março de 2020, o Japão adotou uma nova “Estratégia Internacional de Recursos”, que cobre recursos energéticos como petróleo e gás natural liquefeito e enfatiza a importância do armazenamento de metais raros (IRENA, 2023)¹⁰². A estatal *Japan Oil, Gas and Metals National Corporation* é encarregada de fornecer empréstimos e outros apoios ao desenvolvimento de minerais no exterior, incluindo, pesquisa e fundição. Através dessa iniciativa, o governo busca fortalecer a cooperação com países envolvidos em vários estágios da cadeia de suprimentos.

Em março de 2023, estabeleceu um acordo com os EUA. Este acordo, chamado “Acordo entre o Governo do Japão e o Governo dos Estados Unidos da América para o Fortalecimento das Cadeias de Suprimentos de Minerais Críticos”, visa diversificar as cadeias de suprimentos de minerais críticos e promover a adoção de tecnologias sustentáveis de baterias de veículos elétricos¹⁰³. O acordo também estabelece vários novos compromissos e áreas de cooperação conjunta entre os Estados Unidos e o Japão, incluindo medidas que promovem abordagens mais eficientes em termos de recursos e economia circular para reduzir a demanda e o impacto ambiental da extração de material virgem e processos relacionados.

Além disso, o Japão também faz parte da “Parceria de Segurança Mineral” formada juntamente com os EUA, Canadá, Austrália, Finlândia, França, Alemanha, Coreia do Sul, Suécia, Reino Unido e a UE em 2022¹⁰⁴. O objetivo desta parceria é garantir que os minerais críticos sejam produzidos, processados e reciclados de uma maneira que apoie a capacidade dos países de realizar o pleno benefício do desenvolvimento econômico de seus recursos minerais.

Os países do grupo G7, do qual o Japão faz parte, se comprometeram, em 2023, com o apoio fiscal de US\$ 13 bilhões para projetos domésticos e internacionais de minerais críticos, visando promover o investimento do setor

102 *Geopolitics of the Energy Transition: critical materials* (2023). International Renewable Energy Agency – IRENA

103 Governo do Japão e Governo dos Estados Unidos da América, «Acordo para o Fortalecimento das Cadeias de Suprimentos de Minerais Críticos». *Signing of the Japan-U.S. Critical Minerals Agreement* (CMA) (meti.go.jp)

104 Parceria de Segurança Mineral, declarações e compromissos conjuntos. INTERVIEW: *Japan to boost critical minerals security with G7, «like-minded countries»* | S&P Global Commodity Insights (spglobal.com)

privado com base em altos padrões ambientais, sociais e de governança, de acordo com o Plano de Cinco Pontos para a Segurança dos Minerais Críticos. O Japão garantiu US\$ 1,4 bilhão em apoios fiscais para desenvolvimentos das cadeias *upstream* e *midstream* de recursos minerais focados em minerais críticos, sendo o primeiro orçamento do Japão deste tipo e o maior orçamento suplementar destinado a recursos minerais, que será utilizado para investimentos de capital e estudos de viabilidade para projetos de recursos minerais.

Investimentos e Inovação

No cenário doméstico, o governo japonês alocou orçamentos substanciais (US\$ 5,5 bilhões de dólares no ano fiscal de 2020) para apoiar fabricantes nacionais e reduzir a dependência externa. Investimentos significativos foram feitos em pesquisa e desenvolvimento, especialmente em tecnologias de mineração e baterias de estado sólido. A exploração e produção de MCE no próprio Japão estão sendo incentivadas para diminuir a dependência, inclusive no fundo dos oceanos.

Impactos e Perspectivas

Em 2022, o Japão produziu apenas 2% dos minerais estratégicos que consumiu. As políticas implementadas têm levado à diversificação das fontes de abastecimento e à redução da dependência de fornecedores específicos, como demonstrado pela diminuição da dependência de lítio da China, que caiu de 75% em 2020 para 50% em 2022. O país tem procurado expandir seus estoques de metais especiais para 35 minerais, além de terras raras, para a sua segurança econômica. O investimento contínuo em pesquisa e desenvolvimento sinaliza um futuro em que o Japão busca prosperar na economia global dos minerais estratégicos.



SUGESTÕES DE POLÍTICAS E BOAS PRÁTICAS DO JAPÃO PARA O BRASIL

O Japão é um exemplo de país que, a despeito de suas limitações em recursos minerais, tem desde várias décadas praticado políticas que garantem o suprimento de suas demandas. Um exemplo ocorreu em 2010, quando um consórcio japonês e sul-coreano adquiriu 15% do controle da CBMM, garantindo o fornecimento de nióbio para os dois países. À parte eventuais parcerias com o Japão sobre minerais críticos, geralmente bem-vindas, e que devem ser estimuladas, como a formatação e desenvolvimento de projetos de transformação mineral aqui, o Brasil pode se inspirar no Japão para articular estratégias de garantia de suprimento de potássio e fosfato, tão importante para o setor agrícola brasileiro.

3.2.5 Austrália e Canadá

A mineração é fundamental tanto para a Austrália quanto para o Canadá, países de dimensões continentais que têm no setor um papel significativo em suas economias e no cenário global de fornecimento de minerais. Esses dois países são ricos em recursos naturais e têm uma longa história de exploração, produção e exportação de minerais, o que os coloca em uma posição destacada no mercado mundial.

A importância estratégica desses países na cadeia de suprimentos de minerais críticos é ampliada pelas incertezas geopolíticas e pela crescente demanda por minerais utilizados em tecnologias avançadas e renováveis. A dependência de fontes de minerais concentradas em poucos países tem levado a uma reavaliação das cadeias de suprimentos globais, destacando o papel vital que Austrália e Canadá podem desempenhar como fornecedores confiáveis e sustentáveis desses recursos essenciais (IEA, 2023).

A Austrália destaca-se como um dos líderes globais na produção e exportação de minerais. O país é um dos maiores exportadores mundiais de minério de ferro e carvão e possui reservas significativas de ouro, cobre e urânio, sendo em 2022 o maior produtor de bauxita, níquel, estanho, chumbo, zinco e urânio. Essa indústria contribui com cerca de 10% do PIB do país e emprega mais de 250.000 pessoas. Além disso, o país é líder na produção de minerais raros e de grande demanda, como o lítio, essencial para a fabricação de baterias de íon-lítio usadas em dispositivos eletrônicos e veículos elétricos. Esta posição privilegia a Austrália na cadeia de suprimentos de minerais estratégicos, especialmente em um momento em que a transição para energias renováveis está se acelerando.

Estratégias Governamentais

A Austrália adotou pela primeira vez uma “Estratégia de Minerais Críticos” (IRENA, 2023) em 2019, atualizando-a em 2022. O objetivo central da estratégia é transformar a Austrália em uma “potência global de minerais críticos” até 2030 e expande a lista de minerais críticos para incluir alumina e silício de alta pureza, reconhecendo sua importância em tecnologias como baterias de íons de lítio e semicondutores. A estratégia australiana visa impulsionar o crescimento regional e o emprego por meio de um setor mineral próspero, além de auxiliar o país a entrar no processamento *downstream* e capturar produtos de maior valor agregado. Estratégias como a promoção de pesquisa e desenvolvimento (PD&I) e a cooperação internacional, como o acordo firmado em 2022 com os Estados Unidos

para PD&I de minerais estratégicos, são fundamentais para alcançar esses objetivos (IEA, 2023¹⁰⁵).

Investimentos e Inovação

Os investimentos no setor mineral australiano têm crescido de modo significativo. Estes recursos são alocados em projetos de exploração e mineração de minerais estratégicos e críticos, modernização de minas e desenvolvimento de novas tecnologias de mineração. Na Austrália, o setor de minerais críticos também está fortemente focado em pesquisa e desenvolvimento (PD&I), especialmente em parceria com universidades e centros de pesquisa. Por meio de algumas iniciativas e políticas a Austrália busca aumentar sua competitividade econômica, ao mesmo tempo que contribui para a transição global para energias mais limpas e sustentáveis (IEA, 2023).

Recentemente, foi implementado o *Australian Critical Minerals Research and Development Hub*¹⁰⁶. O Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Minerais Críticos da Austrália (R&D Hub) é hospedado na *Commonwealth Scientific and Industrial Research and Organisation* (CSIRO) e reúne expertise de agências federais líderes como a Organização Australiana de Ciência e Tecnologia Nuclear (ANSTO) e a Geoscience Australia (GA). O R&D Hub trabalhará com a indústria para abordar desafios técnicos e impulsionar pesquisas colaborativas em toda a cadeia de valor dos minerais críticos, necessários para apoiar a energia limpa e a agenda política de zero líquido da Austrália. As prioridades do R&D Hub são:

- Escalar e comercializar pesquisa e desenvolvimento em minerais críticos – incluindo projetos de pesquisa prioritários em cadeias de suprimentos de significância estratégica.
- Ajudar a coordenar, guiar e priorizar esforços de pesquisa e desenvolvimento em minerais críticos em toda a Austrália.
- Conectar projetos de minerais críticos à expertise técnica e de pesquisa necessária.
- Apoiar a colaboração internacional estratégica em minerais críticos e diplomacia científica.

105 Agência Internacional de Energia. <https://www.iea.org/reports/critical-minerals-policy-tracker>

106 Australian Critical Minerals Research and Development Hub (2023) <https://www.csiro.au/en/research/natural-environment/critical-minerals/australian-critical-minerals-research-and-development-hub>

Os membros do R&D Hub estão distribuídos pela Austrália, utilizando a expertise coletiva da ANSTO, GA e CSIRO para garantir que o R&D Hub seja um ambiente colaborativo e adaptativo, focado no avanço da indústria australiana de minerais críticos. Esta iniciativa financiará projetos de pesquisa inovadores prioritários voltados para apoiar o setor. As prioridades de pesquisa são:

- Utilizar a geociência para desenvolvimento e descoberta de jazidas.
- Agregar valor, melhorar a economia do processamento e aprimorar o meio ambiente, aspectos sociais e governança (ESG).
- Melhorar habilidades e capacidades.

O primeiro conjunto de projetos de PD&I já está em andamento e o segundo seria definido em 2023. Um dos projetos é a “Avaliação de Criticidade e Oportunidade para Orientar Investimentos Estratégicos”. A Austrália requer uma avaliação objetiva das necessidades e vulnerabilidades de minerais críticos (“criticidade”) para sua economia e soberania.

Até o momento, a Lista de Minerais Críticos da Austrália foi moldada com referência às oportunidades geoestratégicas e econômicas decorrentes das necessidades dos parceiros e aliados, em vez de uma avaliação das cadeias de suprimentos que a Austrália deve garantir para aplicações e indústrias atuais ou futuras. Este projeto é liderado pela Geoscience Australia e visa ajudar a estabelecer uma base de evidências para informar prioridades para pesquisa e desenvolvimento e políticas de minerais críticos, como as atualizações na Lista de Minerais Críticos do país. A avaliação de criticidade contempla: (i) as vulnerabilidades de exportação e importação de minerais críticos da Austrália e (ii) até que ponto os minerais são críticos para a economia da Austrália, a soberania e a segurança futuras.

Impactos e Perspectivas Futuras

As políticas de minerais estratégicos e críticos da Austrália têm impulsionado positivamente o setor, com aumento nos investimentos, inovação e competitividade. Espera-se que o setor continue crescendo, impulsionado pela demanda global crescente. O governo australiano deve manter o foco em PD&I, desenvolvimento de cadeias de suprimentos seguras e sustentáveis, e cooperação internacional. A Austrália está, portanto, bem-posicionada para ser protagonista no fornecimento de minerais estratégicos e críticos. Ressalta-se que em 2020 o país adotou uma nova regulamentação sobre investimentos estrangeiros, que concede poderes extraordinários ao “Con-

selho de Revisão de Investimento Estrangeiro” para rejeitar investimentos por motivos de segurança nacional (IRENA, 2023).



SUGESTÕES DE POLÍTICAS E BOAS PRÁTICAS DA AUSTRÁLIA PARA O BRASIL

A Austrália é um país geralmente considerado uma referência para o aproveitamento de recursos minerais, com um setor de mineração bem desenvolvido. No que diz respeito aos minerais críticos, assim como nos minerais tradicionais, o país adota políticas de investir em PD&I em parceria com as empresas e estimulando a pesquisa e a produção mineral. Aparentemente, agora há uma ênfase em avançar nas cadeias de produção de minerais críticos, capturando mais valor e benefícios para o país. Por certo, são iniciativas recomendáveis ao Brasil.

Há também uma regulamentação recente na Austrália para analisar (e eventualmente rejeitar) investimentos estrangeiros em minerais críticos, a depender da origem. Isso no Brasil estaria em patamar superior de decisão de uma política externa específica para os minerais estratégicos. Nosso país, regra geral, não tem restrição nem alinhamento que exclua terceiras partes de seu relacionamento comercial.

O Canadá é relevante no setor de mineração mundial e importante produtor e exportador de minerais e metais. É o maior produtor mundial de potássio, o segundo maior produtor de urânio e nióbio, bem como o terceiro maior produtor de alumínio, níquel, metais do grupo da platina, pedras preciosas e cobalto. Além disso, é o quarto maior produtor mundial de enxofre e índio. Vários desses minerais e metais são essenciais para diversas indústrias, incluindo a automotiva e a de energia. Além disso, o Canadá se posiciona como um fornecedor de minerais necessários para a economia verde, como cobalto e lítio, essenciais na fabricação de baterias de alto desempenho.

O país apresenta uma matriz elétrica relativamente limpa, com uma grande parcela proveniente de energias renováveis (especialmente hidroelétrica) e de energia nuclear. Um programa de revitalização foi iniciado para estender a vida útil dos reatores nucleares, como parte de uma futura mistura de eletricidade com baixa emissão de carbono. O governo planeja eliminar a energia a carvão até 2030, com compromisso de reduzir as emissões de CO₂ em 40% abaixo dos níveis de 2005 até 2030 e alcançar emissões líquidas zero até 2050.

Seguindo a trilha dos países que já iniciaram suas políticas voltadas à transição para sistemas energéticos mais sustentáveis, em 2021 o Ca-

nadá lançou sua lista de minerais classificados como críticos. A *Natural Resources Canada* (NRCan) desenvolveu esta lista com uma abordagem baseada em alguns critérios apresentados adiante. O NRCan conduziu consultas com províncias e territórios, bem como com indústrias e associações de pesquisa, mineração e manufatura para identificar os minerais e elaborar a lista. A elaboração da lista de minerais baseou-se nos critérios de que os minerais críticos sejam essenciais para garantir a segurança econômica do Canadá, para transição para uma economia de baixo carbono, bem como para fornecer uma fonte sustentável para os seus parceiros estratégicos. Sua versão atual contém 31 minerais considerados críticos para posicionar o país como uma nação líder em mineração como base para um modelo de desenvolvimento econômico mais sustentável (IEA, 2023).

Entre os minerais listados como críticos para o país estão aqueles com potencial utilização na fabricação de produtos e desenvolvimento de tecnologias voltadas à produção de energia limpa, tais como:

- Baterias: lítio, níquel, cobre, cobalto, grafite;
- Painéis Solares: silício (para células fotovoltaicas);
- Condutores Elétricos: cobre; alumínio (em condutores elétricos de alta eficiência);
- Equipamentos de Energia Limpa: lítio (baterias, especialmente para armazenamento de energia em sistemas renováveis); níquel (usado em várias tecnologias de baterias); cobre (amplamente usado em sistemas elétricos e eletrônicos, incluindo energias renováveis).

Estratégias e Acordos Internacionais

O Canadá também integra a “Parceria de Segurança Mineral” formada juntamente com os EUA, Japão, Austrália, Finlândia, França, Alemanha, Coreia do Sul, Suécia, Reino Unido e a UE em 2022¹⁰⁷. O objetivo desta parceria é garantir que os minerais críticos sejam produzidos, processados e reciclados de uma maneira que apoie a capacidade dos países de realizar o pleno benefício do desenvolvimento econômico de seus recursos minerais.

107 Parceria de Segurança Mineral, declarações e compromissos conjuntos. INTERVIEW: Japan to boost critical minerals security with G7, 'like-minded countries' | S&P Global Commodity Insights (spglobal.com)

Integrante do G7, o país se comprometeu com os demais membros com o apoio fiscal coletivo de US\$ 13 bilhões em 2023 para projetos domésticos e internacionais de minerais críticos, visando promover o investimento do setor privado com base em altos padrões ambientais, sociais e de governança, de acordo com o “Plano de Cinco Pontos para a Segurança dos Minerais Críticos”¹⁰⁸.

Em outubro de 2022, o Canadá definiu uma nova política que limita o investimento no setor de minerais críticos do país por empresas estatais estrangeiras e investidores privados estrangeiros com fortes laços com governos estrangeiros (IRENA, 2023).

Investimentos e Inovação

O Canadá tem implementado várias iniciativas e políticas focadas no desenvolvimento dos minerais críticos, especialmente em pesquisa e desenvolvimento (PD&I). Estas políticas são fundamentais para impulsionar a economia e garantir a segurança para o suprimento desses recursos significativos:

- i. Crédito Fiscal para Mineração de Tecnologia Limpa:** no Orçamento Federal de 2023, o governo canadense anunciou um crédito fiscal de fabricação de tecnologia limpa de 30%. Este crédito fiscal é uma iniciativa para impulsionar a economia da mineração de minerais críticos no Canadá, promovendo assim o desenvolvimento de tecnologias mais limpas e sustentáveis na indústria mineral.
- ii. Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração de Minerais Críticos (CMRDD):** durante a Semana Nacional de Mineração, o Ministério dos Recursos Naturais anunciou uma chamada para propostas para o CMRDD. Este programa destina-se a fornecer financiamento de C\$11 milhões para plantas piloto e projetos que apoiam o desenvolvimento de cadeias de valor de minerais críticos, fomentando assim a pesquisa e a inovação nesta área.^{109, 110}

108 Australian Critical Minerals Research and Development Hub (2023) <https://www.csiro.au/en/research/natural-environment/critical-minerals/australian-critical-minerals-research-and-development-hub>

109 “Government of Canada Launches Call for Proposals for Critical Mineral Research, Development and Demonstration Program (CMRDD)”. (2022). <https://www.canada.ca/en/natural-resources-canada/news/2022/05/government-of-canada-launches-call-for-proposals-for-critical-mineral-development.html>

110 Critical Minerals Research, Development and Demonstration (2024). <https://www.canada.ca/en/campaign/critical-minerals-in-canada/federal-support-for-critical-mineral-projects-and-value-chains/critical-minerals-research-development-and-demonstration-program.html>

iii. Estratégia de Minerais Críticos: o governo canadense revelou uma nova estratégia para acelerar a produção e processamento de minerais críticos essenciais para alimentar baterias de veículos elétricos (VE), um passo importante na transição global para longe dos combustíveis fósseis. Esta estratégia é parte de um esforço mais amplo para fortalecer a posição do Canadá no mercado global de minerais críticos.

iv. Financiamento Federal para Atividades Industriais Diversas: a Estratégia de Minerais Críticos do Canadá é apoiada por até C\$3,8 bilhões em financiamento federal alocado no Orçamento de 2022. Este financiamento abrange uma variedade de atividades industriais, desde geociências e pesquisa mineral até processamento mineral, fabricação e aplicações de reciclagem, incluindo suporte para PD&I e implantação de tecnologias.

v. Apoio à Pesquisa e Desenvolvimento: o orçamento federal propõe fornecer até C\$ 144 milhões ao longo de cinco anos, a partir de 2022-2023, para os Recursos Naturais do Canadá e para o Conselho Nacional de Pesquisas para apoiar a PD&I de tecnologias e materiais essenciais para as cadeias de valor dos minerais críticos.

Essas iniciativas destacam o compromisso do Canadá em fortalecer sua indústria de minerais críticos, concentrando-se na pesquisa, desenvolvimento e implementação de tecnologias sustentáveis e eficientes. Por meio dessas políticas, o país busca aumentar sua competitividade econômica, enquanto também contribui para a transição global para energias mais limpas e sustentáveis.

Impactos e Perspectivas

No plano interno, para garantir o aproveitamento máximo do potencial mineral do país voltado à transição energética, o governo canadense, além de apoiar a própria mineração, está adotando políticas e iniciativas voltadas a estruturar cadeias de suprimentos de minerais críticos e baterias necessários ao abastecimento do mercado de veículos elétricos¹¹¹ e apoiar amplamente a transição para a energia limpa. A abordagem geral está fundamentada no “Plano Canadense de Minerais e Metais”, um plano político desenvolvido em colaboração com os governos provinciais e territoriais, a indústria e grupos indígenas. Além da criação da lista de minerais críticos, o governo canadense está atualmente trabalhando em

111 Canada to accelerate critical mineral mining - energy minister (2024). <https://www.reuters.com/markets/commodities/canada-accelerate-critical-mineral-mining-energy-minister-2024-02-13/>

várias ações institucionais e políticas, apresentadas a seguir, para apoiar esse objetivo, organizando um sistema coordenado de informação, análise e indução/implementação de iniciativas sobre minerais críticos:

- Pesquisa e análise: ações para identificar as vantagens competitivas do Canadá em várias cadeias de valor de minerais críticos;
- Redução de riscos ambientais: prevenção, mitigação e ações de compliance socioambiental
- Oportunidades econômicas: por meio de recuperação de valor no reaproveitamento de resíduos; e
- Envolvimento de províncias e territórios: articulação por meio da equipe de trabalho Federal-Provincial-Territorial sobre Minerais Críticos.



SUGESTÕES DE POLÍTICAS E BOAS PRÁTICAS DO CANADÁ PARA O BRASIL

O Canadá, assim como a Austrália, é frequentemente visto como um exemplo no aproveitamento de recursos minerais. A semelhança também ocorre com relação aos minerais críticos, com o Canadá adotando políticas de estimular o investimento em pesquisa e desenvolvimento e a pesquisa e a produção mineral, assim como pretende avançar nas cadeias de valor desses minerais. Estas são, sem dúvida, iniciativas que poderiam ser recomendadas ao Brasil.

Foi instituída também recentemente no Canadá uma regulamentação que limita o investimento no setor de minerais críticos do país por empresas estatais estrangeiras e investidores privados estrangeiros com fortes laços com governos estrangeiros. Como já comentado, o Brasil, em geral, não possui restrições nem alinhamentos que excluam terceiros de suas relações comerciais.

3.2.6 Argentina, Bolívia e Chile

A América Latina é uma grande produtora de minerais críticos para as transições de energia limpa, com potencial considerável para expandir seu papel. A região já produz grandes quantidades de cobre e de lítio, necessário para a crescente demanda por baterias de veículos elétri-

cos¹¹². Na América do Sul, o Triângulo do Lítio, também conhecido como Triângulo ABC, é uma região formada pela Argentina, Bolívia e Chile, que abriga as maiores reservas de lítio do mundo. A Bolívia possui 30% das reservas mundiais de lítio, seguida pelo Chile, com 21%, e Argentina, com 17%, totalizando 68%.

A importância do Triângulo ABC está crescendo à medida que a demanda por lítio aumenta. Isso tem levado a uma intensa competição global pelo acesso a essas reservas de lítio, com países como a China e os EUA mostrando grande interesse¹¹³. A disputa geopolítica e tecnológica entre os Estados Unidos e a China, centrada no acesso e controle dos recursos minerais estratégicos, especialmente o lítio, conhecido como o “ouro branco”.

A China tem se destacado nessa corrida, investindo significativamente em países da América Latina, que possuem as maiores reservas globais de lítio. A Bolívia, com as maiores reservas estimadas de lítio, tem atraído investimentos chineses significativos¹¹⁴.

Enquanto a China avança mais nos investimentos, os Estados Unidos buscam fortalecer sua posição nas cadeias globais de fornecimento desses minerais essenciais para tecnologias modernas e para a segurança nacional. O governo atual ressaltou a importância desses minerais para a prosperidade econômica e a segurança do país e tem expressado preocupação com a expansão da influência chinesa na América Latina.

O Ministro de Recursos Naturais da China reconheceu a dependência do país de recursos minerais estrangeiros e a importância deles para a segurança econômica e nacional da China. A competição entre os EUA e a China não se limita apenas à aquisição de matérias-primas, mas também abrange a produção de tecnologias sustentáveis, como baterias e veículos elétricos. A América Latina se encontra em uma posição estratégica nesta disputa, com potencial para se beneficiar tanto da tecnologia quanto do capital chinês.

Na **Argentina**, o governo federal e as 23 províncias que compõem o país têm separadas suas responsabilidades e competências quanto aos recursos

112 Latin America's opportunity in critical minerals for the clean energy transition (2023). <https://www.iea.org/commentaries/latin-america-s-opportunity-in-critical-minerals-for-the-clean-energy-transition>.

113 <https://aepet.org.br/noticia/a-importancia-geopolitica-do-triangulo-do-litio-na-america-do-sul-e-sua-conexao-com-o-golpe-na-bolivia/> (2019).

114 A disputa entre China e EUA por lítio na América Latina. (2023) <https://g1.globo.com/mundo/noticia/2023/04/16/a-disputa-entre-china-e-eua-por-litio-na-america-latina.ghtml>

naturais, e os recursos minerais. O domínio sobre os recursos e depósitos minerais é das 23 províncias, que são responsáveis pela emissão e controle dos títulos e permissões minerais. Em conjunto, o governo federal e as províncias deliberam e controlam os regulamentos ambientais.

A autorização de prospecção e pesquisa mineral confere ao titular o direito preferencial sobre uma área específica e o direito a uma concessão de mineração, que é pelo prazo que durar a extração mineral, sem limite pré-determinado. Os incentivos governamentais para as atividades mineiras incluem, entre outras medidas, as deduções nas despesas de prospecção no imposto sobre o rendimento, o reembolso do IVA nas despesas de prospecção, a isenção do imposto de importação para ativos de capital e bens utilizados em atividades mineiras.

O potencial argentino em minerais críticos, além do lítio, onde possui a terceira maior reserva mundial e é o quarto maior produtor, ocorre também com outros minerais, como cobre, cobalto, cromo, grafita, níquel, manganês, platina etc. Atualmente, esses recursos não estão sendo pesquisados, indicando a necessidade de atualizar os estudos geológicos e valorar a presença desses minerais no território argentino.

A indústria de mineração argentina é vista como uma oportunidade para diversificar a matriz exportadora do país. O setor, enfrenta desafios como a necessidade de manter regras claras e estabilidade fiscal para atrair mais investimentos. Estima-se que a implementação de projetos mineiros possa injetar cerca de US\$ 20 bilhões na economia nos próximos dez anos, potencialmente triplicando as exportações do país até US\$ 10 bilhões.

Importante destacar uma iniciativa transversal do país, que é a Mesa do Lítio, formada pelas três províncias que dispõem do recurso – Catamarca, Jujuy e Salta – e com a participação de autoridades federais, chefiada pelo Ministério do Interior. Um marco desta iniciativa foi a formalização da cooperação a partir da criação de um Comitê Regional do Lítio, integrado por funcionários das áreas de mineração das províncias e a participação dos ministérios do Interior, de Desenvolvimento e de Ciência e Tecnologia. Segundo as autoridades, o Comitê teria por objetivo abordar os problemas de coordenação que existem atualmente, articulando as necessidades provinciais entre si e perante o governo nacional, em questões relacionadas com a pesquisa, produção, industrialização e comercialização do lítio ao longo de toda a cadeia de valor. São diversas as iniciativas de pesquisa e desenvolvimento e agregação de valor com uma dezena de atores, como universidades, institutos de pesquisa e agências provinciais e nacionais.

Na **Bolívia**, nos últimos anos, houve mudanças significativas no setor mineral. A Constituição Política de 2009 redefiniu o regime de propriedade e gestão da atividade mineira, a legislação mineira (licenças, concessões e contratos) e a realocação de poder produtivo para o Estado através de empresas estatais, principalmente em torno da COMIBOL e posteriormente da empresa Yacimientos de Litio Bolivianos (YLB).

Em 2014, foi promulgada a Lei de Minas e Metalurgia (Lei nº 535), que definiu o novo marco institucional da mineração boliviana: i) O Ministério de Mineração e Metalurgia; ii) Autoridade Jurisdicional Administrativa Mineira – AJAM; iii) Empresas estatais empresas de mineração, incluindo a COMIBOL e a empresa YLB; iv) Serviço Geológico Mineiro - SERGEOMIN; v) O Centro de Pesquisas Mineiro-Metalúrgicas - CEIMM; vi) O Serviço Nacional de Registro e Controle da Comercialização de Minerais e Metais - SENARECOM; vii) As entidades de desenvolvimento: o Fundo de Apoio à Reativação Mineira Chica-FAREMIN e Fundo de Financiamento Mineiro Cooperativa - FOFIM⁴.

Em 2017, no âmbito da política de nacionalização e industrialização dos recursos naturais, foi criada a empresa pública *Yacimientos de Litio Bolivianos* — YLB, responsável pela estratégia para a pesquisa mineral, aproveitamento, industrialização e comercialização dos recursos do Salar de Uyuni. Antes da criação da YLB, esta estratégia era confiada à COMIBOL, através da Direção Nacional de Recursos Evaporíticos.

A Bolívia tem se concentrado em fortalecer seu papel no mercado de lítio. A empresa estatal YLB está se preparando para inaugurar sua primeira planta industrial de carbonato de lítio, com capacidade de produzir 15.000 toneladas por ano. Esta inauguração é um passo significativo, já que a construção havia sido interrompida em 2019¹¹⁵.

Além disso, o governo atual estabeleceu uma aliança estratégica com o conglomerado chinês CBC (composto pelas empresas CATL, BRUNP & CMOC) para desenvolver projetos de Extracción Directa de Litio (EDL). Este método promete ser mais rápido e eficiente do que o processo tradicional. O acordo inclui a construção de dois complexos industriais de EDL em Oruro e Potosí, representando um investimento de mais de US\$ 1,0 bilhão por parte da CBC.

A Bolívia mantém a propriedade estatal dos salares conforme a Lei 928 de 2017. A parceria com a CBC não comprometerá essa propriedade estatal,

115 La estrategia de Bolivia para convertirse en un actor central del litio. (2023), La Razon.

segundo noticiado, e um dos principais atrativos para a empresa chinesa é a garantia de fornecimento de lítio no longo prazo.

No **Chile**, o quadro regulamentar do setor mineiro foi definido nas décadas de 1970 e 1980 e permaneceu quase inalterado. Mais tarde, na década de 2000, alguns ajustes regulatórios centraram-se em: i) uma apropriação maior dos rendimentos a favor do Estado, através da criação do Imposto Específico sobre a Atividade Mineira (IEAM) em 2005 e sua revisão mais tarde em 2010, no contexto da reforma fiscal promovida em consequência do terremoto de 2010; ii) mudanças estruturais na CODELCO através da aprovação da Lei de Governança Corporativa de 2009, como parte das ações necessárias para a incorporação do Chile na OCDE.

Foi complementada em 2012 com a Lei nº 20.600 que cria os Tribunais Ambientais. Passaram a integrar o marco regulatório da mineração, Lei nº 5.119 de 2009, que ratificou a Convenção 169 da OIT, e o Decreto Executivo nº 66, de 2013, que contém o Regulamento da Consulta Indígena.

As leis setoriais importantes são: ii) Lei nº 20.551, que regulamenta o encerramento de operações e instalações mineiras; ii) Lei nº 20.235, que regulamenta a figura das Pessoas Competentes e cria a Comissão Qualificadora de Competências de Recursos e Reservas Mineiras; e iii) o Decreto nº 104 de 2016 do Ministério das Minas, que regulamenta a entrega de informações gerais obtidas de trabalho básico de pesquisa geológica.

O atual governo (2022-2026) anunciou uma agenda que envolve mudanças transversais no regime tributário da mineração com a criação da Companhia Nacional de Lítio, o Instituto do Lítio e Salares, e a criação um royalty mineiro para a exploração de cobre e lítio. Esta última faz parte da reforma tributária apresentada ao Congresso Nacional em 1º de julho de 2022 e aprovada.

Importante destacar a existência da Corporação de Fomento da Produção (CORFO), um banco público de fomento, responsável pelas salinas da região de Atacama, pertencente ao Estado do Chile. Concedeu a exploração de salinas às empresas privadas Albermarle e SQM. Na última renegociação dos contratos, foram incluídas cláusulas para que parte da receita econômica da exploração do lítio financie a criação de quatro centros de pesquisa, desenvolvimento e inovação:

- Instituto Chileno de Tecnologias Limpas, contribuição de SQM de US\$ 142 milhões, participantes USD 123 milhões, no total US\$ 265 milhões. Prazo de 10 anos, com início no 4º trimestre de 2021;

- Centro de Economia Circular, Albemarle contribuindo com US\$ 10 milhões, participantes US\$ 11,5 milhões, total USD 21,5 milhões. Prazo de 10 anos, com início no 4º trimestre de 2021;
- Centro de aceleração sustentável da eletromobilidade. A Albemarle contribuiu com US\$ 7 milhões, participantes com US\$ 7 milhões, totalizando US \$ 14 milhões. Prazo de 5 anos, com início no 4º trimestre de 2021;
- Iniciativas de hidrogênio verde, em setembro de 2021, com financiamento de US\$ 50 milhões (até US\$ 3,0 milhões por projeto), para financiar eletrocatalisadores, está aberta a nacionais e estrangeiros, com prazo de início de operação em dezembro de 2025.

O Chile lançou em 2022 a Política Nacional Minera 2050, uma estratégia abrangente para o desenvolvimento da indústria de mineração, alinhada com padrões globais de sustentabilidade e competitividade. Este plano, resultado de uma ampla consulta com mais de 3.500 participantes de diversos setores, é focado em quatro pilares principais¹¹⁶:

- **Econômico:** Inclui a manutenção de 28% da produção mundial de cobre, dobrar a inversão em exploração até 2030, e aumentar a contribuição da mineração para o PIB em 20% até 2050.
- **Ambiental:** Visa a neutralidade de carbono até 2040, proteção de glaciares, e a promoção da economia circular.
- **Social:** Enfatiza a melhoria da qualidade de vida dos trabalhadores da indústria, a paridade de gênero em cargos de liderança, e a segurança no trabalho.
- **Institucional:** Foca no desenvolvimento sustentável da indústria através de instituições fortes e políticas de fomento segmentadas.

Adicionalmente, a Política Nacional Minera 2050 destaca a importância dos minerais como cobre e lítio, essenciais para o desenvolvimento de energias renováveis e eletromobilidade. O plano está sujeito à avaliação ambiental estratégica e incluirá um capítulo sobre povos indígenas, refletindo a diversidade de vozes envolvidas na sua formulação.

116 Presentan la Política Nacional Minera 2050 que busca generar un modelo de desarrollo más sustentable para la industria chilena (2021).<http://www.gob.cl/noticias>.

“La institucionalidad y la regulación minera en los países andinos: Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador y Perú”, serie Recursos Naturales y Desarrollo, N° 212 (LC/TS.2022/190), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022.



SUGESTÕES DE BOAS POLÍTICAS E PRÁTICAS DA ARGENTINA, BOLÍVIA E CHILE PARA O BRASIL

Algumas políticas da Argentina parecem interessantes, como a Mesa do Lítio, formada pelas três províncias que dispõem do recurso – Catamarca, Jujuy e Salta – e com a participação de autoridades federais, chefiada pelo Ministério do Interior para coordenar as questões relacionadas aos projetos de lítio em desenvolvimento.

Outra prática recomendável são os incentivos governamentais para as atividades mineiras que incluem, entre outras medidas, as deduções nas despesas de prospecção no imposto de renda e o reembolso do IVA nas despesas de prospecção. São iniciativas que merecem ser consideradas e avaliadas para eventual adaptação no Brasil.

O Chile tem uma política de fazer as empresas concessionárias de lítio patrocinarem centros de pesquisa para desenvolvimento de tecnologias relacionadas com eletromobilidade e eletrocatalisadores para a iniciativa de hidrogênio verde, avançando na cadeia de valor. Merece ser também considerada sua aplicabilidade ao Brasil. A Bolívia não revelou, na pesquisa realizada, algum ponto de destaque a ser considerado.

3.27 Índia

Contexto e Importância

A Índia ultrapassou a China como o país mais populoso do mundo, com mais de 1,4 bilhão de habitantes. E sua economia tem crescido entre 4 e 5% nos últimos 10 anos. O país tem se empenhado em desenvolver uma estratégia de minerais estratégicos, crucial para sua economia e segurança nacional. Esta estratégia inclui a identificação de minerais essenciais, conforme anunciado em julho de 2023. Estes minerais incluem cobalto e lítio, níquel, cobre e elementos de terras raras, são indispensáveis em uma variedade de setores industriais do país, incluindo manufatura avançada, energia renovável, defesa e tecnologias de ponta. A iniciativa faz parte da visão mais ampla da Índia para atingir autossuficiência e fortalecer sua posição econômica global.

Legislação e Reformas

A Lei de Emenda de Minas e Minerais (Desenvolvimento e Regulação), de 2023, representa uma transformação significativa no quadro regulatório

do setor de mineração da Índia. Aprovada pelo parlamento, essa legislação não apenas lista 24 minerais estratégicos e críticos, mas também facilita a entrada de novos atores no mercado, promovendo assim um ambiente mais competitivo e inovador.

A reformulação das taxas de *royalties* em outubro de 2023 foi um movimento estratégico para diminuir as barreiras ao desenvolvimento de minerais estratégicos, incentivando investimentos tanto nacionais quanto estrangeiros no setor. Uma taxa de *royalties* de 3% será promulgada sobre as operações de lítio e nióbio, com os preços do lítio sendo referenciados nos contratos de lítio da *London Metals Exchange* e os preços do nióbio nos preços reais de venda. Para as terras raras será implementado um *royalty* de 1% com base no preço de venda dos óxidos contidos nas terras raras. A revisão substitui os históricos 12% *royalties* pagos sobre esses metais que o governo indiano atribuía a minerais/produtos sem taxas de *royalties* especificamente direcionadas. Estas elevadas taxas têm sido vistas historicamente como um obstáculo ao desenvolvimento desses ativos minerais na Índia¹¹⁷.

Impacto Econômico e Ambiental

A abordagem da Índia em relação aos minerais estratégicos é um equilíbrio entre o crescimento econômico e a responsabilidade ambiental. Alinhando-se com a meta nacional de emissões líquidas zero até 2070, a Índia procura integrar práticas de mineração sustentáveis e responsáveis. Essa dualidade reflete um reconhecimento crescente da necessidade de desenvolvimento econômico que respeita os limites ambientais. A Agência Internacional de Energia reconhece os esforços da Índia em assegurar um fornecimento confiável desses recursos essenciais, enquanto promove inovação e padrões elevados de governança¹¹⁸.

A Índia tem dependido de importações para minerais críticos como lítio, níquel, cobre e cobalto. A nova política de minerais críticos do país reflete duas considerações estratégicas cruciais¹¹⁹: i) a Índia quer proteger setores estratégicos como defesa, espaço, telecomunicações e eletrônicos de alta tecnologia, que são críticos para sua segurança; e ii) a Índia busca garantir um crescimento sustentável, resiliente e inclusivo diretamente

¹¹⁷ Índia reduz *royalties* e Austrália injeta US\$ 2 bi para estimular produção. Brasil Mineral, 25 de outubro de 2023.

¹¹⁸ Agência Internacional de Energia (IEA). <https://www.iea.org/reports/critical-minerals-policy-tracker>

¹¹⁹ <https://thediplomat.com/2023/06/india-unveils-new-critical-minerals-strategy/>

associado ao avanço da prosperidade econômica. Este último objetivo está diretamente ligado à sua visão de alcançar uma meta de emissões líquidas zero até 2070.

Desafios e Soluções

A Índia importa a maioria dos seus minerais estratégicos, principalmente da China, do Brasil e da Austrália. O país está trabalhando para aumentar a sua produção doméstica de minerais estratégicos, mas enfrenta desafios. A infraestrutura inadequada e a burocracia extensa podem retardar projetos e inibir o crescimento. Além disso, há uma preocupação crescente com o impacto ambiental da mineração, especialmente em áreas ecologicamente sensíveis. Empresas como Coal India Limited e Vedanta Limited desempenham um papel crucial nesse cenário, liderando o caminho na adoção de tecnologias mais limpas e métodos eficientes. O governo está buscando equilibrar o desenvolvimento econômico com a proteção ambiental, melhorando a infraestrutura e reformando processos burocráticos para facilitar o crescimento do setor.



SUGESTÕES DE BOAS POLÍTICAS E PRÁTICAS DA ÍNDIA PARA O BRASIL

A Índia está em um processo de abertura a investimentos para desenvolver sua indústria de minerais críticos, apresenta preocupação com a questão ambiental e os benefícios sociais, tem os desafios de melhorar a infraestrutura e diminuir a burocracia. Não tem um ponto específico que chamou a atenção da equipe de pesquisadores do projeto para fazer alguma recomendação.

3.2.8 China

Contexto e Importância

A China desempenha um papel central no fornecimento de minerais estratégicos ou críticos, que são essenciais para a transição global para fontes de energia de baixo carbono. A importância da China neste contexto remonta pelo menos ao sétimo Plano Quinquenal Nacional para a Indústria de Terras Raras (1986-1990), que priorizou o desenvolvimento de pesquisas e produção de aplicações avançadas de terras raras e novos materiais para consumo doméstico e exportação.

Políticas da China sobre matérias-primas estratégicas

Entre as pesquisas sobre a China, destaca-se o estudo de Andersson¹²⁰, de 2020, que fez uma compilação incluindo artigos do Banco de Dados de Revistas Acadêmicas Chinesas (CAJ), reunindo informações de mais de 300 artigos entre 1980 e 2019 com o foco em minerais críticos. Entre esses documentos, merecem destaque a primeira política oficial e a Lista de Minerais Estratégicos da China de 2016^{121,122}. Prevê-se que a lista seja atualizada a cada cinco anos, em paralelo com os planos quinquenais nacionais para o desenvolvimento econômico e social, e visa: (i) incentivar a exploração de minerais escassos, (ii) regular a quantidade de minerais com vantagens tradicionais, (iii) reduzir a produção de minerais quando houver com excesso de capacidade, e (iv) garantir o fornecimento de minerais para indústrias emergentes estratégicas.

Ainda de acordo com o Plano Nacional de Recursos Minerais 2016-2020, foram listados 24 minerais, divididos em três grupos, sendo eles: (i) minerais energéticos; (ii) minerais metálicos e (iii) minerais não metálicos. Há também uma subdivisão (iv) que contempla os minerais estratégicos (chamados de minerais SEI), como elementos terras raras (ETR'S), lítio e grafite. E ainda (v) os minerais básicos, como petróleo, gás natural, ferro, cobre, alumínio e (vi) os minerais chamados de vantajosos (para os quais não foram citados exemplos).

A compilação feita (Anderson, 2020) revelou que foram definidos seis critérios para essa classificação: (a) importância para o desenvolvimento/segurança econômica, (b) importância para a defesa nacional, (c) risco de abastecimento, (d) substitutibilidade, (e) minerais considerados importantes para o desenvolvimento das indústrias emergentes estratégicas da China e (f) minerais que a China possui em abundância e para os quais detém uma vantagem competitiva em relação a outros países.

120 Anderson, P., 2020. *Chinese assessments of "critical" and "strategic" raw materials: Concepts, categories, policies, and implications*, *The Extractive Industries and Society*, Volume 7, Issue 1, 2020, ISSN 2214-790X, <https://doi.org/10.1016/j.exis.2020.01.008>.

121 CGS, 2016. *Serving National Energy and Mineral Resources Security. Achievements of China Geological Survey*, Beijing: Dizhi Chubanshe 2016.

122 State Council, 2016. (2016-2020). *National Mineral Resources Plan (2016-2020)*. <http://www.cgs.gov.cn/tzgg/tzgg/201612/W020161206616104236819.doc>.

Tabela 13 - Lista dos 24 minerais do Plano Nacional de Recursos Minerais de 2016.

	ENERGIA				MINERAIS METÁLICOS										MINERAIS NÃO METÁLICOS										
	Mineral /Matéria-prima	Petróleo	Gás Natural	Gás de Xisto	Carvão	Metano carbonífero	Urânio*	Ferro	Cromo	Cobre	Alumínio	Ouro *	Níquel	Tungstênio	Estanho	Molibdênio	Antimônio	Cobalto	Lítio	ETRs	Zircônio	Fósforo	Cloreto de potássio	Grafita cristalina	Fluorita
STAP	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X
SEI											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X
ADV														X	X		X			X				X	X

STAP – *Staple minerals* (EX. Ferro, cobre, petróleo e gás natural, que também podem ser considerados minerais estratégicos)

SEI – *strategic emerging minerals* – minerais emergentes estratégicos

ADV – *advantage minerals* – minerais de interesse

Fonte: Andersson, 2020¹²³.

Não há um consenso na definição dessas matérias-primas na China, podendo elas serem chamadas de minerais críticos, estratégicos e nos últimos anos também se tem adotado o termo “minerais SEI” (do inglês: *strategic emerging industry minerals*). Trata-se de minerais essenciais para o desenvolvimento da indústria chinesa. Estes incluem, por exemplo, lítio, tungstênio, estanho, molibdênio, antimônio, cobalto, ETR e zircônio. A respeito dos minerais SEI, Zhang *et al.* (2013¹²⁴) fornecem a seguinte definição: “Na fase de desenvolvimento de uma nova industrialização e civilização ecológica, e guiados pela nova revolução tecnológica, os minerais SEI são minerais de nova energia, novos materiais, novos minerais raros e novos minerais funcionais necessários para garantir o desenvolvimento sustentável de indústrias emergentes estratégicas e para que a China construa uma sociedade próspera de uma forma abrangente”.

¹²³ Chinese assessments of “critical” and “strategic” raw materials: Concepts, categories, policies, and implications - www.elsevier.com/locate/exis

¹²⁴ Zhang, Fuliang, He, Xianjie, Du, Yulun, Wang, Zhenzhen, Lei, Xiaoli, Fang, Yiping, Hu, Yongda, 2013. Thoughts on several important issues of China's strategic new minerals. *China Mining Mag.* 22 (10), 7–11.

Estratégia Chinesa na Geopolítica Mineral

Nas últimas décadas, a China vem adotando uma estratégia de mais favorecimento da sua política interna, cujo reflexo é o atual cenário da cadeia global de terras raras. Essa abordagem chinesa ocorre desde meados de 1950, na qual foram desenvolvidas técnicas mais avançadas de extração e processamento de elementos terras raras (ETR). Historicamente, a China usou restrições de exportação para impulsionar a competitividade de suas indústrias domésticas de alta tecnologia, como na produção de ímãs, semicondutores e tecnologias de energia. Um exemplo notável disso foi a disputa de 2010 com o Japão, na qual a China restringiu significativamente as exportações de terras raras em resposta a um conflito marítimo. Essas ações visam encorajar o crescimento de empresas envolvidas na produção de componentes tecnológicos essenciais. Por meio da “Iniciativa Cinturão e Rota”, a China busca estabelecer uma rede abrangente de comércio, infraestrutura e conectividade digital entre Eurásia, África e América do Sul (Kalantzakos, 2020¹²⁵).

Na década de 1990, devido à alta demanda, a China estabelece, por meio do Plano Nacional de Desenvolvimento de Alta Tecnologia¹²⁶, a restrição ao acesso aos ETR por empresas estrangeiras, seja na produção, importação e qualquer atividade minerária que fosse nociva ao meio ambiente (RE office *et al.* 1990¹²⁷). Como consequência, a produção de ETR passou a aumentar e em 1998 a China possuía uma taxa de crescimento de 22% ao ano. Com o aumento da demanda por ETR juntamente com o monopólio chinês, surge o problema da mineração ilegal e então, em 1999, a China estabelece cotas de exportação e regulamentações de cotas¹²⁸.

No período de 2010, a China elevou drasticamente cotas fiscais na exportação de ETR, tungstênio e molibdênio por meio do Plano de Ação Nacional para Exploração de Recursos Minerais e políticas de investimento interno¹²⁹. Essa ação

125 Sophia Kalantzakos (2020) A corrida por minerais críticos em uma era de realinhamentos geopolíticos, *The International Spectator*, 55:3, 1-16, DOI:10.1080/039327292020.1786926

126 Baotou Development Zone. Rare earth: an introduction – Baotou national rare earth hi-tech industrial development zone. Baotou: Baotou Development Zone, 2015.

127 RE-office, CST, & MFERT. (1990). *Notice on regulation of Rare Earth Foreign cooperation and technology exportation*. Retrieved from <http://www.chinalawedu.com/falvfagui/fg22598/22206.shtml>

128 SHEN, Y.; MOOMY, R.; EGGERT, R. G. *China's public policies toward rare earths, 1975-2018. Mineral Economics*, v. 33, p. 127-151, 2020

129 SCIO – STATE COUNCIL INFORMATION OFFICE. *Situation and policies of China's rare earth industries*. Beijing: SCIO-China, June 2012.

causou um impacto em países como Estados Unidos, Japão e União Europeia, que passaram a discutir a segurança dos suprimentos desses elementos para o resto do mundo. Devido à pressão externa, em 2015 a China cancela as cotas de exportação e passa a regular sobre sua política interna (Castro *et al.*, 2020)¹³⁰.

Cenário

A influência da China na corrida por minerais críticos está crescendo. As empresas chinesas, de *upstream* a *downstream*, de mineradores a fabricantes de baterias e fabricantes de veículos elétricos, estão entrando nesta corrida. As empresas contam com o apoio do governo chinês, o que facilita o desenvolvimento da influência da China sobre o comércio desses minerais e as indústrias que deles dependem, à medida que mais empresas chinesas asseguram o acesso e expandem a capacidade de produção (Chang *et al.*, 2023¹³¹).

Atualmente a China é protagonista no mercado global de ETR e minerais críticos como níquel e cobalto. Entrementes, há tentativas de outros países para conter esse domínio. Como é o caso da Lei de Segurança de Minerais Críticos, proposta por um grupo de senadores dos EUA, que exige que agências federais relatem ao Congresso sobre recursos minerais globalmente.

A China hoje se encontra em uma posição vantajosa na produção e processamento de minerais críticos, seja a jusante ou a montante. Pode-se exemplificar esse fato observando os diversos planos nacionais de outras nações e vendo qual a participação da China na distribuição desses minerais. O primeiro exemplo é lista de matérias-primas críticas (CRM's), publicada pela Comissão Europeia desde 2010, sendo atualizada duas vezes, em 2014 e 2017, na qual a UE listou 27 matérias-primas consideradas de importância para economia europeia. Dentre essas, a China é o principal país fornecedor de 11 delas. Outro exemplo significativo se baseia na lista publicada pelo Departamento do Interior dos Estados Unidos em 2018, no qual determinou 35 minerais considerados críticos para a segurança econômica nacional dos EUA. Dentre eles, a China foi o principal fornecedor de 13 minerais e principal produtor de 19 minerais (USGS, 2018¹³²).

130 Castro, F.; Peiter, C.; Góes, G. Minerais estratégicos e as relações entre Brasil e China: Oportunidades de cooperação para o desenvolvimento da indústria mineral brasileira. *RTM* 2020, 24, 349–378

131 Chang, C. *et al.* (2023). China's global reach grows behind critical minerals. SP Global. <https://www.spglobal.com/en/research-insights/featured/special-editorial/china-s-global-reach-grows-behind-critical-minerals>

132 USGS, 2018. Draft Critical Mineral List—Summary of Methodology and Background Information—U.S. Geological Survey Technical Input Document in Response to Secretarial Order No. 3359. Accessed. <https://pubs.usgs.gov/of/2018/1021/ofr20181021.pdf>.

Investimentos e Inovação

Com a crescente demanda por minerais para a transição energética global, a China se destaca como um país chave para a corrida tecnológica, evidenciando sua relevância estratégica, especialmente na África e América Latina, com atuação de empresas chinesas, como a Huayao Cobalt e CATL, na Bolívia, Namíbia, Eritreia e Tanzânia. Outro exemplo da China para busca garantir o suprimento é o caso da China Molybdenum Corporation (CMOC) que adquiriu da Anglo American Brasil a Niobras, mineradora brasileira de nióbio, destacando a busca ativa por recursos estratégicos em solo brasileiro. A CMOC também adquiriu na mesma operação, em 2016, o negócio de fosfato da Anglo American. Relatórios da SP Global apontam que empresas chinesas estão procurando minerais críticos em outros países. Em 2022, Zijin Mining concluiu a aquisição do projeto de Lítio de Tres Quebradas na Argentina. A Ganfeng está expandindo sua presença na Argentina, Mali e México. A BYD pretende investir em projetos de lítio no Chile, Argentina e África. A CATL lidera um consórcio para investir US\$ 1,4 bilhão na Bolívia para construir usinas de extração de lítio.

Ainda no contexto da estratégia de suprimento, a participação chinesa na África inclui um crescimento significativo na mineração de lítio e cobre, evidenciado por investimentos recentes, como a aquisição de parte de uma mina em Mali, e o estabelecimento de uma planta de processamento no Zimbábue, todos realizados pela empresa chinesa Hainan Mining (Bindmam, 2023¹³³). Na América do Sul, o Projeto de Expansão Toromochu, no Peru, destaca a presença chinesa entre as principais minas do mundo até 2024. A mineração significativa de cobre, molibdênio e prata posiciona a China como protagonista na corrida pelos minerais do futuro, alinhando-se perfeitamente com sua busca por autossuficiência e domínio global¹³⁴.

Este fenômeno do avanço chinês é mais visível nas terras raras. De acordo com o Centro de Estudos de Política Europeia em Bruxelas, a China é responsável por cerca de 60% da mineração de terras raras, 91% do refino e 94% da produção de ímãs. Com relação à grafita, a China lidera

133 Bindmam, P. (2023). *Weekly data: China seeks to extend its critical minerals dominance with overseas investment surge*. *Energy Monitor*. <https://www.energymonitor.ai/industry/weekly-data-china-seeks-to-extend-its-critical-minerals-dominance-with-overseas-investment-surge/?cf-view>

134 *Mining Technology*. (2023). *The world's largest mines in 2024*. <https://www.mining-technology.com/sponsored/the-worlds-largest-mines-in-2024/>

com mais de 65% na produção de grafita natural, mais de 75% de grafita sintética e mais de 90% de grafita esférico, que proporcionam ao governo chinês grande influência (Morenhout, 2023¹³⁵). A Figura 40 ilustra a penetração da China na África e na América Latina.

A China desempenha um papel crucial no processamento global de minerais críticos, essenciais para a transição energética para fontes de baixo carbono. Embora detalhes específicos sobre programas de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) e financiamentos não estejam disponíveis, a crescente demanda por minerais como níquel, cobre, lítio e cobalto e terras raras sugere um investimento significativo da China em PD&I. A posição estratégica da China nas cadeias de suprimentos globais de minerais indica um papel ativo na pesquisa e inovação para atender a essas demandas crescentes.

Impactos e Perspectivas

Em síntese, a China desempenha um papel central na economia global de minerais estratégicos. A iniciativa “Cinturão e Rota” impulsiona investimentos globais em mineração. A estratégia chinesa inclui aquisições globais e investimentos em projetos estrangeiros, especialmente na África e na América Latina, o que acarreta ações políticas por parte dos EUA, da Europa e recentemente dos países latino-americanos.

135 Morenhout, T. (2023). *China's Latest Move in the Critical Mineral and Technology Trade War*. Columbia/SIPA. <https://www.energypolicy.columbia.edu/chinas-latest-move-in-the-critical-mineral-and-technology-trade-war/>

Figura 40: Projetos da China na África e na América do Sul.



Fonte: Chang et al, 2023.



SUGESTÕES DE POLÍTICAS E BOAS PRÁTICAS DA CHINA PARA O BRASIL

Dentre as boas práticas adotadas pela China, o Brasil poderia adotar a de investimento e aprimoramento da política interna para minerais estratégicos, visando conhecer melhor as potencialidades minerais em território nacional e o investimento em pesquisa tecnológica. Outras iniciativas que podem ser consideradas para o Brasil incluem:

- Centro de Pesquisa para Estratégia de Recursos Minerais Globais¹³⁶, que é essencial para orientar as políticas e medidas para garantir o suprimento de energia e recursos minerais na China.
- Estruturação de mecanismos de gestão para emergências de recursos minerais
- Formulação e aprimoramento de políticas, tais como: impostos, taxas, investimento e financiamento de capital para exploração mineral e políticas financeiras e fiscais.

136 Anjian, WANG and Xinrui, GAO (2020) «China's Energy and Important Mineral Resources Demand Perspective,» Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version): Vol. Article 14. DOI: <https://doi.org/10.16418/j.issn.1000-3045.20200107001> Available at: <https://bulletinof-cas.researchcommons.org/journal/vol35/iss3/14>.

3.3 Considerações

A adoção dos princípios da economia circular é resultado da necessidade de gerir de modo eficiente os recursos não-renováveis, buscando minimizar a demanda por recursos ou garantindo o suprimento. As propostas de adição, retenção ou criação de valor, por sua vez, pressupõem a extensão da vida útil de produtos e uso eficiente de materiais e energia, priorizando a avaliação e mensuração do grau de circularidade dos sistemas.

Deve-se considerar que na base da transição energética e transformação ecológica está o desenvolvimento tecnológico e este, por sua vez, demanda recursos minerais críticos e estratégicos que estão disponíveis ou sendo processados em diferentes países com diferentes conformações geopolíticas. Desta forma, compreender as motivações políticas, econômicas e tecnológicas das nações deve ser uma premissa na consolidação das políticas públicas para o setor no Brasil.

Uma nova configuração passa a ser necessária no cenário internacional para acomodar as novas demandas por minerais críticos e estratégicos, na qual o Brasil precisa identificar formas de contribuir. O posicionamento das atividades produtivas do setor mineral por meio do roadmap tecnológico da cadeia valor pode possibilitar uma visão ampla atual e futura, para além da atual posição de fornecimento de insumos minerais em escala global.

Os países analisados estão ativos na implantação de políticas para minerais estratégicos e críticos. A falta desses recursos pode acarretar consequências adversas, como a escassez de bens essenciais. Os países avançados industrialmente estão preocupados com a garantia de suprimento, com receio de que a interrupção resulte em prejuízos de setores importantes de sua economia, ou limitações na capacidade de defesa, entre outros. Os países em desenvolvimento e ricos nesses recursos minerais aparentemente não querem só desenvolver a mineração para exportação de *commodities*, mas também tentam aproveitar essa era da transição energética para capturar valor avançando nas cadeias. Esta janela favorável à agregação de valor para estes minerais de transição energética não pode ser perdida pelo Brasil, como ocorreu em outros ciclos.

Isso tudo ocorrendo em um mundo com geopolítica complexa e incerta. As estratégias são inúmeras e específicas para cada país. As pesquisas

também revelaram outros países com iniciativas sobre esses minerais (IRENA, 2023¹³⁷).

- **África do Sul:** Em 2022, o governo sul-africano lançou sua “Estratégia de Exploração e Plano de Implementação para a Indústria de Mineração”, que visa atrair investimento estrangeiro em exploração, acelerar novas descobertas minerais e promover o uso responsável dos recursos minerais do país, em conformidade com os princípios de governança ambiental, social e corporativa. A estratégia visa investir mais de 5% dos gastos globais em exploração nos próximos três a cinco anos e agilizar os requisitos regulatórios entre os departamentos de licenciamento para melhorar o tempo de processamento dos direitos de prospecção. A estratégia também fornece uma lista de minerais e metais críticos considerados essenciais para a mudança para uma economia verde.
- **México:** Em abril de 2022, nacionalizou oficialmente sua indústria de lítio, dando ao estado direitos exclusivos sobre exploração, extração e uso.
- **Mongólia:** Em 2019, aprovou uma lei que permite ao governo adquirir até 50% dos depósitos minerais considerados pelo parlamento como de valor «estratégico» para o país.
- **República Unida da Tanzânia:** Em 2017, aprovou leis que exigem que as empresas de mineração concedam ao governo pelo menos uma participação de 16% em suas operações e processem seu minério localmente.
- **Indonésia:** Em 2009, o país aprovou uma lei que exige que empresas de mineração estrangeiras transfiram participações majoritárias em projetos para entidades locais após dez anos de produção. Por conta disso a VALE assinou, em novembro de 2023, um acordo relativo à obrigação de desinvestimento na Vale Indonésia, que resultará na perda do controle da operação de níquel¹³⁸. O país passou a restringir as exportações de *commodities*. O país respondeu por 50% da produção mineral de níquel em 2023 e passou a exigir a transformação mineral de níquel internamente. As empresas, principalmente da China, retomaram os investimentos a partir de 2022.

137 *Geopolitics of the Energy Transition: critical materials* (2023). International Renewable Energy Agency – IRENA.

138 Relatório de Administração da Vale S.A. de 2023. Valor, 1/3/2024, p. E5.

APÊNDICES: Listas de Minerais Estratégicos da UE, RU e EUA.

Tabela 14: Matérias-primas críticas e estratégicas da União Europeia (2023).

Lista de matérias-primas críticas e estratégicas da União Européia

Alumínio/bauxita	Barita	Boro/borato
Carvão coqueificável	Gálio	Hélio
Lítio	Manganês	Metais do Grupo Platina
Fósforo	Estrôncio	Tungstênio
Antimônio	Berílio	Cobalto
Feldspato	Germânio	HREE
LREE	Grafite natural	Rocha fosfática
Escândio	Tântalo	Vanádio
Arsênico	Bismuto	Cobre*
Espatoflúor/fluorita	Háfnio	Níquel*
Magnésio	Nióbio	Silício metálico
Titânio metal		

*Cobre e o níquel não são consideradas críticas, mas são consideradas matérias-primas estratégicas

Fonte: *Study on the Critical Raw Materials for the EU (2023) – final report.*

Tabela 15: Minerais Críticos do Reino Unido (2022).

Lista de minerais críticos do Reino Unido

Antimônio	Lítio	Silício
Bismuto	Magnésio	Tântalo
Cobalto	Nióbio	Telúrio
Gálio	Paládio	Lata
Grafite	Platina	Tungstênio
Índio	Terras raras	Vanádio
Manganês	Níquel	Fosfotados
Rutênio		

Fonte: *Resilience for the Future: The UK's Critical Minerals Strategy (2022)*

Tabela 16: Minerais críticos dos Estados Unidos e sua utilização (2022).

Alumínio	quase todos os setores da economia	Itérbio	em catalizadores
Antimônio	baterias de chumbo-ácido e retardadores de chama	Ítrio	em cerâmica
Arsênio	semicondutores	Lítio	baterias recarregáveis
Barita	na produção de hidrocarbonetos	Lutécio	em cintiladores para imagens metálicas
Berílio	como agente de liga nas indústrias aeroespaciais e de defesa	Magnésio	Liga e para produção de metais
Bismuto	pesquisa médicas e atômicas	Manganês	na siderurgia e em baterias
Cério	conversores catalíticos	neodímio	em ímãs permanentes
Césio	pesquisa e desenvolvimento	Níquel	fabricar aço inoxidável
Cromo	principalmente em aço inoxidável e outras ligas	Paládio	em conversores catalíticos e como agente catalisador
Cobalto	baterias recarregáveis e superligas	Platina	em conversores catalíticos
Disprósio	ímãs permanentes	Praseodímio	em ímãs permanentes
Érbio	em fibra ótica	Ródio	em conversores catalíticos
Európio	em fósforos e barras de controle nuclear	Rubídio	para pesquisas e desenvolvimento em eletrônica
Escândio	em ligas	Rutênio	como catalisador
Espatoflúor	na fabricação de produtos químicos de alumínio	Samário	em ímãs permanentes
Estanho	revestimento protetor e ligas para aço	Tântalo	em componentes eletrônicos
Gadolínio	em imagens médicas	Telúrio	em células solares
Gálio	em circuitos integrados e dispositivos ópticos como LEDs	Térbio	em ímãs permanentes
Germânio	aplicações de fibra ótica e visão noturna	Titânio	pigmento branco ou ligas metálicas
Grafita	em lubrificantes	Túlio	diversas ligas metálicas e em lasers
Háfnio	em hastes de controle nuclear	Tungstênio	principalmente para fabricar metais resistentes ao desgaste
Hólmio	em ímãs permanentes	Vanádio	principalmente como agente de liga para ferro e aço
Índio	em telas de cristal líquido	Zinco	principalmente na metalurgia para produzir aço galvanizado
Irídio	revestimento de ânodos para processos eletroquímicos e como catalisador químico	Zircônio	em cerâmicas de alta temperatura e ligas resistentes à corrosão

Fonte: 2022 Final List of Critical Minerals





4. *ROADMAP* TECNOLÓGICO

Cada vez mais o posicionamento dos países no cenário econômico mundial será pautado pelo potencial de identificação, processamento e fornecimento dos MCE. A dependência global dos minerais matrizes da transição energética coloca os países detentores de recursos naturais em posição de influência do mercado. Exemplo dessa configuração pode ser observado nas relações comerciais entre China e Estados Unidos a partir do comprometimento de fornecimento de insumos minerais altamente demandados em produtos de alto potencial tecnológico.

Enquanto a pandemia evidenciou riscos de suprimento logísticos em diferentes áreas de produção, a situação de conflito entre Ucrânia e Rússia configurou um novo padrão de desafios a serem enfrentados, considerando-se a segurança energética. Esse encadeamento de eventos resultou em uma importante crise global em 2022 e incentivou a estruturação de políticas públicas estruturais, com o posicionamento sobre a gestão dos recursos naturais e mecanismos para a garantia do fornecimento.

Países detentores de significativas reservas minerais naturais, têm lições a aprender sobre a importância da oportunidade de migrar de um cenário orientado à produção mineral para a produção de insumos precursores para os setores industriais de base para a transição energética. Detentora de mais de 50% do lítio mundial e possui a maior reserva de níquel do mundo juntamente com a Indonésia, a Austrália ainda não processa esses materiais. Por outro lado, a dotação mineral e uma matriz elétrica verde do Brasil, per se, podem significar vantagem competitiva em uma análise preliminar. No entanto, a consolidação de estratégias de mercado, fortemente amparadas por instrumentos regulatórios para o planejamento da exploração mineral e segurança energética, podem representar a principal equação a ser adotada para a superação dos desafios desta década.

A disponibilidade tecnológica tem grande influência do futuro da economia global, além de outros direcionadores como a segurança alimentar, potencial energético, consolidação de infraestrutura e defesa. Todos estes compoem um ecossistema com significativa dependência de insumos minerais que não possuem garantias de fornecimento. Dessa forma, compreender os cenários geopolíticos que se conformam a partir das novas soluções tecnológicas para a geração e consumo de energia é um esforço que merece a articulação transfronteiriça em prol de maior segurança, sustentabilidade e justiça.

A análise da demanda europeia e global evidenciam o potencial de contribuição do Brasil, com ênfase para o nióbio (Tabela 17). A dotação mineral, a capacidade produtiva de diferentes países e os preços, por sua vez,

permitem inferir que o Brasil possui espaço para investir na produção de cadeias de valor estabelecidas como a do nióbio, alumínio e minério de ferro. Por outro lado, investimentos futuros em vanádio e manganês podem se beneficiar com a diversificação e ampliação de mercado. A tabela evidencia ainda as principais reservas em exploração atualmente.

Reconhecer o potencial de diferentes insumos minerais em relação às demandas globais podem fornecer orientações quanto às estratégias prioritárias, fornecendo subsídios para a definição de requisitos a serem considerados no processo decisório e incentivando soluções para o gerenciamento eficiente dos recursos de modo a auferir vantagem competitiva na gestão dos recursos minerais brasileiros. A estruturação do roadmap tecnológico da cadeia de valor dos minerais críticos e estratégicos para o Brasil, contemplando os principais elementos das estratégias de mercado, circularidade dos processos e potencial tecnológico, possibilita uma compreensão ampla do posicionamento do país no cenário atual e projeções. A estruturação do *roadmap* tecnológico da cadeia de valor dos minerais críticos e estratégicos para o Brasil, contemplando os principais elementos das estratégias de mercado, circularidade dos processos e potencial tecnológico, possibilita uma compreensão ampla do posicionamento do país no cenário atual e projeções.

Dados de 2021¹³⁹ apontavam que os investimentos em pesquisa mineral no Brasil atingiram a marca de R\$ 858 milhões, dos quais mais de 40% correspondiam à dois municípios nos estados da Bahia e Minas Gerais. Mundialmente, a pesquisa mineral

A seguir, algumas informações obtidas no site da S&P Global, para o ano de 2021, sobre orçamentos direcionados à pesquisa mineral de alguns minerais estratégicos e críticos.

- **Lítio:** um orçamento mundial para pesquisa mineral de US\$ 249 milhões, sendo que Argentina (55), EUA (48) Austrália (25), Chile (21), Canadá (18) somaram US\$ 167 milhões, 67% do total. O Brasil aparece com US\$ 8 milhões (3,2%).
- **Níquel:** um orçamento mundial de US\$ 423 milhões, sendo que Austrália e Canadá somaram US\$ 254 milhões, 60% do total. O Brasil aparece com US\$ 28 milhões (6,6%). O máximo registrado de orçamento global para pesquisa mineral de Ni ocorreu em 2008, com US\$ 1,2 bilhão.

139 <https://www.noticiasdemineracao.com/metais-basicos/news/1436531/investimentos-em-pesquisa-mineral-brasil-chegaram-rusd-858-mi-em-2021>

Tabela 17: Conjunto prioritário de minerais críticos e estratégicos.

Material	Produção líquida Brasil 2021	Consumo europeu	Demanda global (t)	Principais reservas	Principais produtores	Preço (US\$/t)	Principais aplicações
Nióbio	110 kt	20.000 t/ano	115.000	Brazil (92%) Canadá (6%) Rússia (1%)	Brazil Canadá	45.000 (FeNb) 50.000 (Nb2O5)	Siderurgia, incluindo automotivo, óleo e gás, aços estruturais e aços inoxidáveis. Óxidos e ligas especiais para baterias, aparelhos de ressonância magnética e aplicação aeroespacial
Lítio	2,2 kt (2%)	2.916 t/ano	100.000	Austrália (53%) Chile (24%) China (10%) Argentina (8%)	China (58%) Chile (29%) Argentina (10%)	5.000 (Li)	Baterias, células combustíveis, robótica e drones.
Cobre	527,3 kt	2.054,007 t/ano	21.000.000	Chile (28%) Peru (12%) China (8%) Congo (6%) EUA (6%)	China (40%) Chile (10%) Japão (6%)	8.000 (Cu)	Baterias, células combustíveis, energia eólica, TIC, motores, energia solar, robótica e drones. Aplicações em transmissão de energia elétrica.
Cobalto	-	10.946 t/ano	71.000	Congo (63%) Rússia (7%) Canadá (4%)	China (65%) Finlândia (10%) Bélgica (5%)	35.000 (Co)	Baterias, células combustíveis, energia eólica, TIC, robótica, drones e impressoras 3D.
Níquel	1195 kt	77.781 t/ano	2.700.000	Indonésia (26%) Filipinas (14%) Rússia (10%)	China (35%) Indonésia (15%) Japão (8%)	15.000 (Ni)	Baterias, células combustíveis, energia solar, impressoras 3D, robótica e drones.
Alumínio (Bauxita)	20,8 Mt	5.042.008 t/ano	-	Austrália (28%) China (21%) Guiné (18%) Brasil (10%) Índia (7%)	China (54%) Austrália (14%) Brasil (8%)	2.000 (Al)	Indústria automotiva, energia solar, drones e robótica.

- **Cobalto:** um orçamento mundial de US\$ 70 milhões, sendo que Austrália, Canadá e EUA somaram US\$ 32 milhões, 46% do total. O Brasil comparece com apenas US\$ 0,2 milhão (0,3%).
- **Terras Raras:** um orçamento mundial para pesquisa mineral de US\$ 67 milhões, sendo que Austrália e Canadá somaram US\$ 33 milhões, 47% do total. O Brasil não aparece.
- **Potássio:** um orçamento mundial de US\$ 81 milhões, sendo que Austrália, Canadá, EUA, Reino Unido e Alemanha somaram US\$ 38 milhões, 47% do total. O Brasil aparece com US\$ 4,3 milhões (5,3%), pouco para um país que gasta cerca de US\$ 4 bilhões por ano com a importação de 97% do potássio requerido para sua agricultura. O maior orçamento mundial para exploração mineral de K ocorreu em 2008, com US\$ 750 milhões.

Dados recentes¹⁴⁰ da S&P Global Market estimavam que o orçamento global para a exploração mineral em 2023 chegaria a US\$ 12,6 bilhões, com aumento da exploração de minerais críticos por parte das grandes empresas, redução dos investimentos na exploração do ouro e um aumento do número de exploradores ativos na América Latina, em especial para as cadeias de cobre e lítio, chegando a 2.234 em 2023, sendo 2.189 em 2022.



OS MATERIAIS CRÍTICOS E ESTRATÉGICOS REPRESENTAM UM CONJUNTO AMPLO E VARIADO DE SUBSTÂNCIAS. A NOMENCLATURA MINERAIS INDUSTRIAIS OU MINERAIS PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA REPRESENTAM SUBCONJUNTOS DENTRO DESSE UNIVERSO E DIFERENTES NAÇÕES APRESENTARAM SUAS DEFINIÇÕES E SEGUEM NO EMPREENHIMENTO DE ESFORÇOS PARA RESGUARDAR O FORNECIMENTO DOS MATERIAIS, AO MESMO TEMPO EM QUE BUSCAM REDUZIR A ZERO AS EMISSÕES DOS RESPECTIVOS PROCESSOS ATÉ 2050.

¹⁴⁰ <https://www.brasilm mineral.com.br/noticias/investimentos-em-exploracao-caem-para-us-126-bilhoes-em-2023#:~:text=2021%20e%202022,-A%20S%26P%20estima%20que%20o%20or%C3%A7amento%20global%20de%20explora%C3%A7%C3%A3o%20de,financiar%20as%20suas%20atividades%2C%20diminuiu.>

Há, no entanto, metas mais próximas e nem mesmo todas as perguntas foram formuladas sobre o potencial tecnológico dos processos e produtos. A princípio, 2030 poderá ser um marco para a definição de processos eficientes e viáveis. Pelo menos no Brasil, as principais empresas do setor já estão bem próximas ou atingiram o Net Zero em razão da particularidade da matriz energética baseada em recursos renováveis (hidrelétricas, solar e eólica). A recente regulamentação para a exploração de energia eólica offshore no Brasil é um significativo avanço, em especial para um país em desenvolvimento.

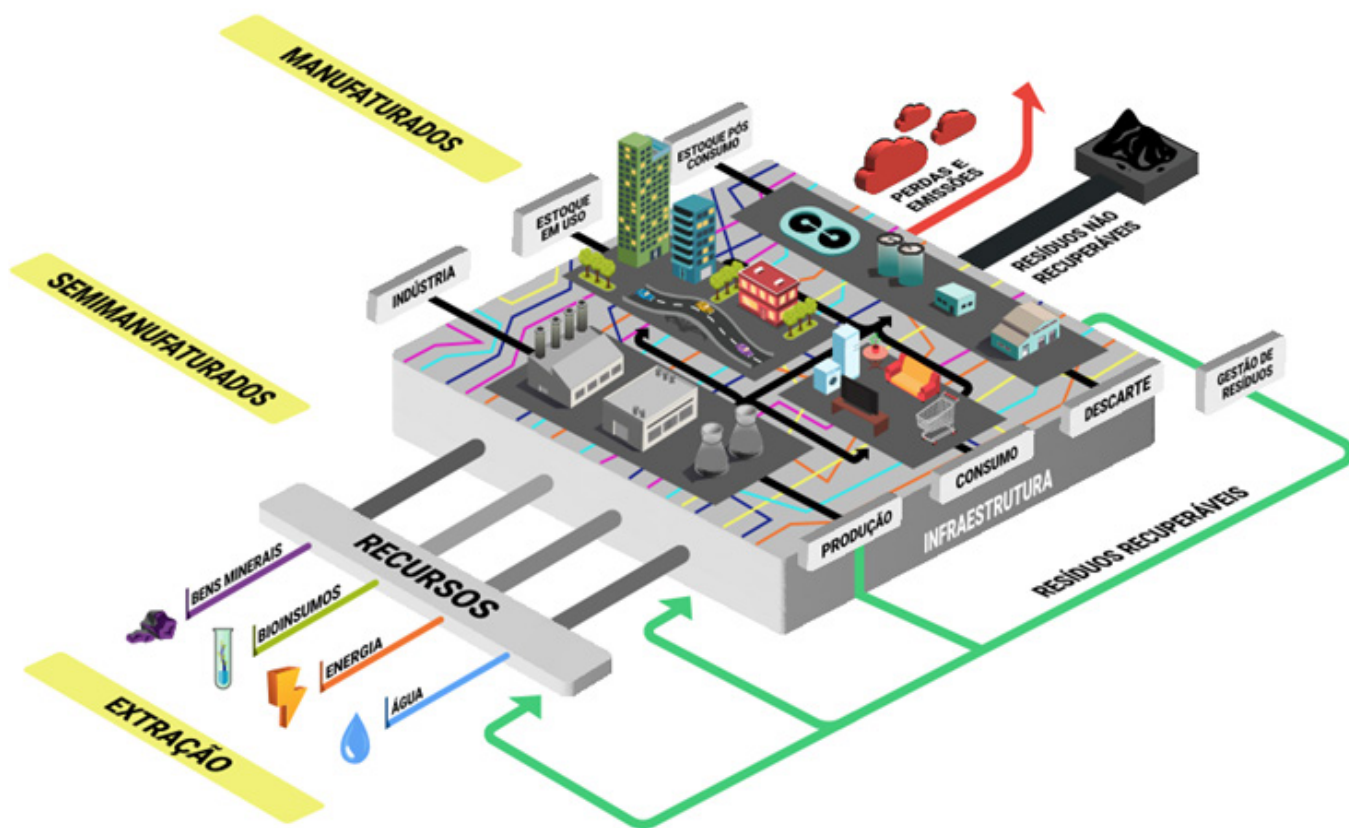
Até aqui, o Brasil tem avançado e se destacado em ações efetivas como, por exemplo, a geração de energia limpa, a integração do grid de distribuição de energia, o baixo consumo relativo de energia e água nos processos minerais, a regulamentação do estabelecimento e gestão das barragens de rejeitos minerais e a definição do Programa Pró-Minerais para o licenciamento e avanço na gestão dos minerais estratégicos. O *roadmap* aponta para a possibilidade de parcerias institucionais no curto e médio prazo, mas poucas estratégias foram propostas para 2050.

Desta forma, a avaliação de direcionadores tecnológicos (*drivers*) a seguir propõe um aprofundamento nos principais aspectos motivadores que derivaram a partir do discurso dos decisores consultados. Foram avaliados os seguintes eixos direcionadores: a alimentação (segurança alimentar), energia, infraestrutura e defesa. A eletrificação da mobilidade foi analisada de modo transversal nos tópicos referentes à infraestrutura e energia. Enquanto a comunicação ou telecomunicação foi analisada em infraestrutura.

A Figura 41 propõe a distribuição das principais instâncias analisadas *upstream* e *downstream* na cadeia de valor dos materiais estratégicos e críticos. O infográfico destaca em cores a extração e beneficiamento dos bens minerais, juntamente com outros insumos (água, energia, bioinsumos e outros), seguindo para o processamento e resultando em produtos que serão consumidos, descartados e posteriormente recuperados na forma de material ou energia.

A representação destaca em cores as operações recorrentes no país, estando em escala de cinza as etapas de industrialização que, em sua maioria, não se encontram no país. Após a exportação de *commodities* minerais, maior parte destas é transformada em bens (semi)manufaturados e retorna ao país para etapas de processamento ou consumo. Nos itens sequenciais são analisados cada um dos eixos direcionadores considerando-se a representação do infográfico.

Figura 41: Infográfico de fluxos e estoques de materiais na cadeia de valor.



Fonte: Adaptado a partir de CGR (2023)¹⁴¹.

¹⁴¹ <https://www.circularity-gap.world/2023#>

4.1 Segurança alimentar

Com uma população estimada em quase 8 bilhões de pessoas¹⁴², a manutenção da produção e distribuição de alimentos no mundo requer o estabelecimento de fluxos seguros e consistentes de insumos minerais para a alimentação. A aplicação de fertilizantes aumenta a produtividade agrícola, reduzindo a demanda de áreas agriculturáveis. A origem mineral dos principais insumos dos fertilizantes, o nitrogênio, o fósforo e o potássio (NPK), é o elo entre a agroindústria e a indústria mineral. Esforços conjuntos do governo e a iniciativa privada podem potencializar a produção a partir de rochas fosfáticas e potássicas no Brasil (Figura 42).

Os minerais fosfatados no Brasil possuem estruturação geológica complexa em razão da origem ígnea e metamórfica, o que significa maiores custos de extração em comparação com outras regiões como África, por exemplo, que possui origem sedimentar. A produção interna é abastecida a partir da exploração por empresas como Mosaic e CMOC, enquanto os volumes importados são oriundos de países como China, Estados Unidos, Marrocos, Egito e Argélia.

Os minerais potássicos, por sua vez, necessitam da importação a partir dos principais fornecedores: Canadá, Rússia e Bielorrússia. Dentre as principais empresas estabelecidas no país estão: Mosaic (Estados Unidos), Yara (Noruega), OCP (Marrocos) e Potássio do Brasil (Canadá).

Fertilizante é definido como “substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes de plantas” (Brasil, 2004). São considerados nutrientes essenciais imprescindíveis para que uma determinada planta complete o seu ciclo de vida, destacando-se, como principais: macronutrientes primários nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), que misturados compõem as fórmulas NPK; macronutrientes secundários como cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S); micronutrientes boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), zinco (Zn), cobalto (Co) e silício (Si), dentre outros.

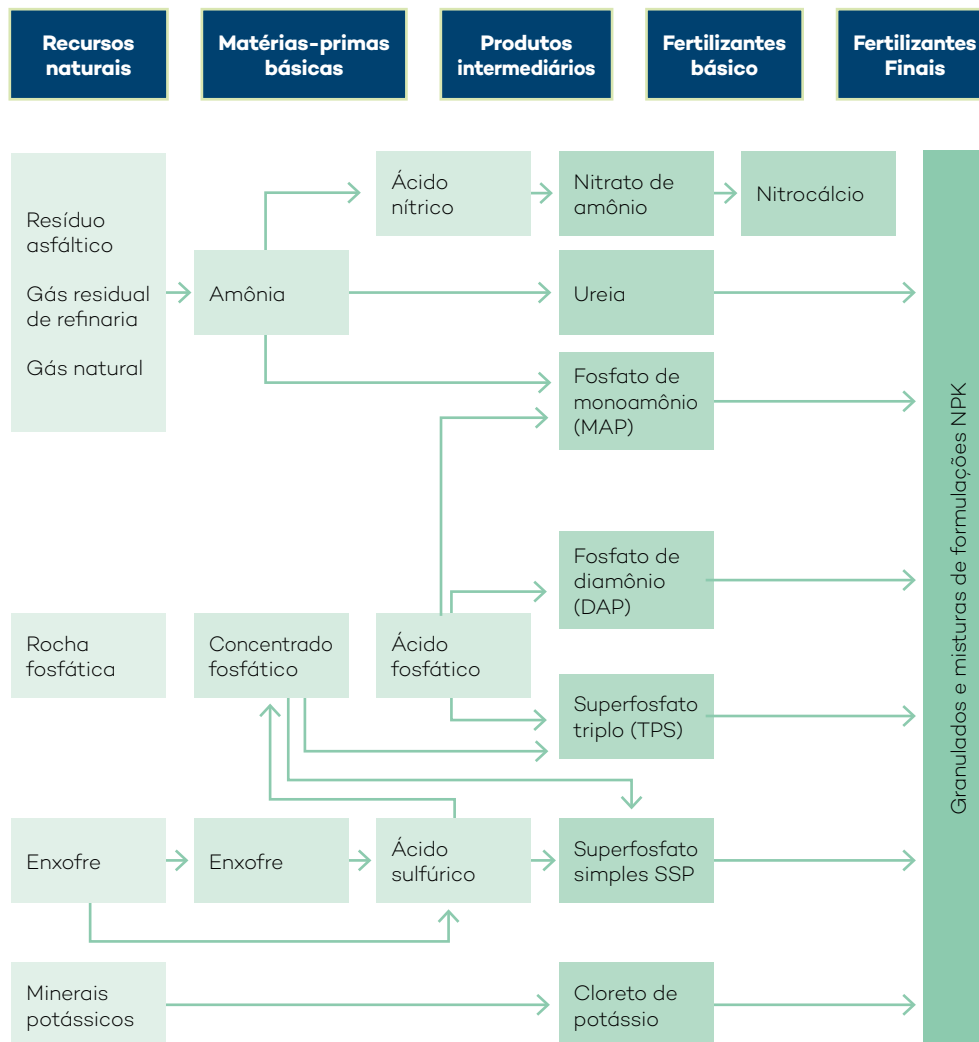
A crescente necessidade de expansão das áreas de plantio no mundo implica aumento do consumo de fertilizantes, fazendo-se necessária a criação de novos estímulos para a produção desse insumo agrícola em larga escala global. A produção de fertilizantes está diretamente ligada à

142 https://databankfiles.worldbank.org/public/ddpext_download/POP.pdf

produção agrícola e à disponibilidade de matérias-primas básicas produzidas a custos economicamente viáveis.

Elevações nos preços desses insumos impactam negativamente nas exportações do agronegócio brasileiro, tornando o produto nacional menos competitivo, uma vez que a maior parte do custo de produção deriva do preço do fertilizante importado. A redução da competitividade implica em menor saldo na balança comercial brasileira e numa tendência de queda no PIB, ambos muito sensíveis ao desempenho das *commodities* agrícolas, em decorrência da predominância desses insumos na pauta de exportações.

Figura 42: Cadeia produtiva dos fertilizantes.



Fonte PNF, 2050.

Nesse contexto, o desenvolvimento de fontes de fertilizantes utilizando matérias-primas disponíveis no País e daqueles que apresentem alta eficiência em sistemas de produção em ambiente tropical podem representar uma grande contribuição ao setor. O Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio brasileiro é equivalente a R\$ 124 bilhões, (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 2021), por isso, os fertilizantes são considerados um insumo estratégico.

A indústria mundial de fertilizantes passou por intensa consolidação nas últimas décadas e, em consequência, a sua atual capacidade instalada é concentrada em um pequeno número de produtores, com sistemas produtivos localizados em uma reduzida quantidade de países. Importantes produtores mundiais exercem papel de destaque na indústria brasileira de fertilizantes e, nas suas instalações em outros países, tais produtores vêm operando com capacidade ociosa, admitindo-se que esses atores priorizem a obtenção de melhores índices de ocupação para os seus complexos produtivos que disponham de melhores condições competitivas, seja devido a fatores estruturais (ex.: características de jazidas e infraestrutura de transporte e energia) ou sistêmicos (ex.: clima de investimento, custo de energia e tributação).

Por seu turno, o Brasil sempre dependeu da importação de insumos para fertilizantes como o potássio, fato este que aumenta a cada ano devido a expansão da fronteira agrícola fator que tem justificado sucessivos recordes da produção da lavoura brasileira. A alta dependência da importação de potássio oriundo de outros países, em volumes crescentes a cada ano, situa-se atualmente, na ordem de 97%, tendência que pode até ser elevada em termos absolutos se nada for feito devido à demanda interna também em ascensão, em função da expansão da produção agrícola. Isso deixa o país em uma situação vulnerável, uma vez que a maior parte da produção mundial é consumida domesticamente nos países produtores.

Os principais depósitos potássicos econômicos de classe mundial se localizam em Delaware, Michigan e Novo México (EUA); Zechstein (Europa); Louann (Golfo do México); Hormuz (Golfo da Arábia); Bacias Miocênicas (Mar Mediterrâneo); Elk Point e Saskatchewan (Canadá); Moscou (Rússia); Grupo McArthur (Austrália); Bacia de Sergipe, Margem Continental Brasileira e Bacia do Amazonas (Brasil). As minas situadas em alguns desses depósitos ao redor do globo são operadas principalmente pela K+S Potash (Canadá), ICL Group (Israel), Mosaic Company (Canadá), Uralkali Company (Rússia), Belaruskali Company (Bielorrússia) e, Nutrien Company (Canadá).

Canadá, Bielorrússia, Rússia, Alemanha e Israel respondem por 92% do KCl comercializado no mundo, com destaque para Canadá, que detém 30% do *market share* mundial. Canadá oferta em torno de 33% da produção mundial; a Bielorrússia e a Rússia em torno de 17% cada, e a China, 11%. O

mercado é extremamente concentrado em quatro empresas: Belaruskali, Nutrien, Uralkali e Mosaic.

A oferta tende a ser controlada pelos grandes produtores e fornecedores em face do preço atrelado principalmente às condições operacionais das minas, variações cambiais, oscilações inflacionárias e, aumento das áreas agriculturáveis pelas nações vocacionadas. Em exemplo, a Nutrien afirma ter capacidade ociosa de 6 milhões de t e que ativará a produção se os preços compensarem, enquanto a Mosaic colocou em *stand-by* a mina Colonsay e programou a Saskatchewan K₃ para dobrar a produção. Na contramão, a Belaruskali fechou fornecimento com a China e Índia a preços que a Nutrien classificou como abaixo do valor de mercado.

A produção em 2020 alcançou 43,2 milhões de t de K₂O, ou seja, aumento de 5,1% em relação a 2019. Esse aumento foi liderado pelo Canadá com 14 milhões de t (30%), a Rússia com 7,6 milhões de t (16%), a Bielorrússia com 7,3 milhões de t (20%), a China com 5 milhões de t (9%) e a Alemanha com 3 milhões de t (7%), que juntos somam 36,9 milhões de t, o que corresponde a 82% do total de potássio fertilizante produzido no ano em análise. Vale ressaltar que em 2019 o custo médio do produto importado ficou em aproximadamente US\$ 326,14/t, enquanto, em 2020, as compras a varejo fecharam com média anual de US\$ 358,08/t. Esta diferença é em parte explicada pela diferença tributária que a negociação do Convênio 100 tenta corrigir e há expectativa de melhoria a partir da reforma tributária.

Essas nações ocuparam as quatro primeiras posições no ranking mundial das reservas de K₂O equivalente, enquanto o Brasil ficou em 11ª colocação, com 2,3 milhões de t (Sergipe: silvinita) em termos de reserva lavrável. No ritmo da produção mundial atual de 41 milhões de t por ano, as reservas suprem a demanda por mais 195,3 anos.

A produção agrícola brasileira tem potencial para prover alimento para cerca de 800 milhões de pessoas, ou seja, cerca de 10% da população mundial. Dados revelam que a produção mundial de potássio entre 2000 (25,3 milhões de t) e 2010 (33,7 milhões de t) aumentou 23,7%, enquanto, entre 2011 (36,3 milhões de t) e 2020 (43,2 milhões de t), aumentou 15,9%. As principais regiões consumidoras de potássio nos últimos anos tem sido Ásia e a América do Sul, devido a suas expressivas participações na população mundial e área agricultável. Estima-se que a demanda global de potássio esteja atualmente num patamar recorde 70 milhões t/ano.

Com essa perspectiva de demanda, a maior parte da oferta seria de MOP (Muriato de Potássio, similar ao KCl), por meio de novos projetos de expansão na Bielorrússia, Canadá e Rússia. Outros projetos em andamento incluem

novas minas de SOP (Sulfato de Potássio) na Austrália, China e Eritreia, bem como novas minas de MOP no Brasil, Etiópia e Espanha. Devido às condições econômicas desfavoráveis, vários projetos ao redor do mundo foram fortemente impactados pela pandemia de COVID-19, como, por exemplo a sudoeste de Salt Lake City, UT-USA, cuja produção estava programada para começar em 2022 com 30 mil t/a de SOP com *ramp-up* para capacidade total de 372 mil t/a de SOP em 2025, porém não conseguiu se capitalizar, tendo que adiar os investimentos.

O Canadá é o maior produtor e exportador mundial de potássio, seguido por Belarus e Rússia. A atividade concentra-se na província de Saskatchewan. Os maiores produtores da província – Nutrien, K+S Potash Canada, Mosaic – operam 10 minas na localidade (sete por mineração convencional e três por dissolução) e respondem pela produção de cerca de 20 milhões de toneladas de cloreto de potássio por ano.

Detentora de seis instalações dedicadas à produção e beneficiamento no Canadá, a Nutrien, resultado da fusão entre “Agrium Inc” e “Potash Corp” em 2018, é o maior player do mundo. A empresa também atua nos setores de nitrogênio e fosfato. Por sua vez, a “K+S Potash Canada” possui mina com capacidade de produção de 2,86 milhões de toneladas.



A Mosaic, que atua também no Brasil, nos EUA e no Peru, nos setores de potássio e de fosfato, principiou, no Canadá, a construção de nova instalação (projeto K3), orçado em US\$ 3,2 bilhões de dólares. A companhia afirma que a nova operação será a maior e uma das mais eficientes do mundo. A respeito do comércio internacional, grande parte das exportações de fertilizantes do Canadá se destina aos EUA, que estimou crescimento de 43% da renda agrícola em dezembro de 2020, em relação ao ano anterior.

A Rússia é um dos maiores fornecedores de fertilizantes minerais do mundo, com produção de 52 milhões de toneladas em 2020 (aumento de 4,9% em relação a 2019), das quais 76% foram exportadas para mais de 90 países. No mesmo ano de 2020, 47,2% da produção setorial foi de fertilizantes nitrogenados (N), 34,7% de potássio (K) e 18,1% de fosfatados (P). No setor potássico, a empresa Uralkali respondeu por 83,5% da produção. A estrutura produtiva de fertilizantes minerais é determinada basicamente pela localização das fontes de matéria-prima. Na Rússia, as reservas situam-se na província de Perm, nos Urais, onde opera a Uralkali. O Brasil é importante cliente da indústria russa de fertilizantes, que corresponde a cerca de 70% das exportações da Rússia para o País.

No Brasil, as principais reservas de sais de potássio estão localizadas nas regiões de Taquari/Vassouras e Santa Rosa de Lima (mineral silvinita) e Rosário do Catete (mineral carnalita) em Sergipe (Mosaic Fertilizantes), bem como nas regiões de Itacoatiara, Nova Olinda do Norte e Autazes (silvinita) no estado do Amazonas (Potássio do Brasil Ltda.). Os recursos indicados, correspondem a 3% das reservas mundiais (ou 0,1% em termos de K_2O), e o depósito brasileiro em exploração (Sergipe - silvinita) ainda possui 2,3 milhões de t de K_2O . Outro projeto que está em fase de avaliação é Projeto Carnalita, em que – segundo dados divulgados pela Vale Fertilizantes S/A, arrendatária anterior à Mosaic Fertilizantes P&K – o volume de reservas é da ordem de 12 bilhões de t de minério com 2,5 bilhões de t de KCl (teor 8,3%), que equivale a 1,5 bilhão de t de K_2O *in situ*.

A Mosaic Fertilizantes P&K, uma das maiores produtoras e distribuidoras de fosfato e potássio combinados, vai investir mais de R\$ 800 milhões no Complexo Minerquímico de Taquari-Vassouras, em Rosário do Catete (SE), para manter a extração de silvinita usada no beneficiamento de potássio, com previsão de extensão da operação para, pelo menos, até 2030. A decisão de fazer esse investimento objetiva estender a vida útil dessa mina e aumentar sua capacidade produtiva em um mercado que deve continuar crescendo, de 300 mil toneladas/ano para 450 mil toneladas/ano. Para a empresa considera fundamental ter uma operação competitiva dentro de um dos países que tem maior taxa de crescimento de demanda de potássio.

Por fim, além das operações em Sergipe, há um depósito de Potássio com vários alvos no estado do Amazonas, descoberto pela Petrobras, que possui suas áreas atualmente em discussão no governo sobre a sua destinação. Entretanto, no seu entorno, há outros alvos de titularidade da Potássio do Brasil que se encontra com a sua pesquisa em curso no município de Autazes-AM.

Em 2010, a Potássio do Brasil obteve suas autorizações previstas na legislação e começo das sondagens na região onde estão os depósitos de potássio, no Amazonas. Entregou relatório de pesquisa em 2014, obtendo a sua aprovação no ano seguinte. O projeto está orçado em R\$ 13 bilhões, para produzir 2.2 Milhões t/ano, a partir de 2027, gerando um faturamento de R\$ 5,8 bilhões anuais.

As situações descritas, apesar de representarem riscos para o consumidor de fertilizantes à base de potássio, são estímulos para alavancar a produção nacional de recursos minerais de cloreto de potássio (KCl) de fontes sedimentares, em depósitos evaporativos e da produção de óxido de potássio (K_2O) com origem em rochas silicáticas bem como, reciclagem de fontes residuais minerais e organominerais. São fatores que aumentam a importância da mineração na cadeia produtiva.

Dessa forma, pode-se admitir como visão de futuro para o potássio uma possível redução na dependência externa desde que ocorra um efetivo crescimento sustentável da produção interna de fertilizantes potássicos.

Para tanto, o País precisa envidar esforços públicos e privados de forma a perpassar investimentos por toda a cadeia do potássio, sendo necessário avançar continuamente em diversas áreas que impactam no mercado de fertilizantes. Há que se criar condições para o Brasil ser reconhecido internacionalmente por possuir um marco regulatório seguro juridicamente; com agências e órgãos públicos estruturados e em condições de agir com tempestividade, assegurando aos investidores privados nacionais e estrangeiros a normalidade necessária para a execução de suas operações; com rede de pesquisa agro-geológica suficiente para avançar no aproveitamento de fontes de potássio em rochas silicáticas, contando com pesquisadores de instituições técnico-científicas brasileiras públicas e privadas; rede de laboratórios certificados pelos órgão de Governo para análises e ensaios químicos, mineralógicos e agronômicos; fontes de recursos públicas e privadas com taxas de juros atrativas; mercado interno competitivo e estruturado com regras claras, em condições de igualdade concorrencial e com variedade de produtores e fornecedores; e manutenção do acordo do Convênio 100 visando equalização tributária entre o fertilizante importado e o nacional.

Tabela 18: Produção anual de remineralizadores e fertilizantes minerais simples de composição silicática (dados parciais).

Estado	Produção Anual (toneladas)				
	2019	2020	2021	20221	TOTAL
Bahia	18.000	34.000	8.812	17.033	77.845
Goiás	349.500	516.500	367.320	537.200	1.770.520
Maranhão	2.000	6.000	15.000	60.000	83.000
Mato Grosso	3.000	3.000	5.000	10.000	21.000
Mato Grosso do Sul	15.000	37.000	33.585	50.000	135.585
Minas Gerais	278.492	427.116	862.841	1.570.000	3.138.449
Paraná	64.500	132.500	164.987	267.200	629.187
Rio Grande do Sul	99.000	151.000	93.000	129.000	472.000
Santa Catarina	4.000	2.752	14.500	38.000	59.252
São Paulo	63.300	181.000	210.650	279.000	733.950
Tocantins	33.000	80.000	18.000	40.000	171.000
TOTAL	929.792	1.570.868	1.793.696	2.997.433	7.291.789

Fonte: ABREFEN, 2023¹⁴³.

De acordo com o Decreto nº 8.384 de 2014¹⁴⁴, entende-se por remineralizador:

“material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho de partícula por processos mecânicos e que, aplicado ao solo, altere os seus índices de fertilidade, por meio da adição de macronutrientes e micronutrientes para as plantas, e promova a melhoria de propriedades físicas, físico-químicas ou da atividade biológica do solo;”

Os remineralizadores são produzidos a partir da cominuição de rochas silicáticas com potencial para intemperizadas no solo, de modo a contribuir com o fornecimento de nutrientes. Estudos evidenciam a eficiência do processo em solos tropicais, mediante a caracterização dos minerais (Toscani e Campos, 2017; Oliveira, 2021).

143 <https://abrefen.org.br/2023/06/29/producao-brasileirade-remineralizadorese-fertilizantes-naturais-2019-a-2022/>

144 https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Decreto/D8384.htm#art2

O uso de remineralizadores e substratos para plantas no Brasil é regulamentado pela Instrução Normativa nº 5 de 2016, do Ministério de Agricultura e Pecuária. Neste documento são definidas seis classes de produtos, sendo os produtos de origem mineral incluídos nas classes E e F. Os teores limites para elementos potencialmente tóxicos são estabelecidos no Artigo 4 que especifica os limites para arsênio (15 ppm), cádmio (10 ppm), mercúrio (0,1 ppm) e chumbo (200 ppm).

A Associação Brasileira dos Produtores de Remineralizadores de Solo e Fertilizantes Naturais (ABREFEN) atua no segmento de remineralizadores de solos e fertilizantes naturais, representando 24 empresas do setor. A entidade defende que o uso de remineralizadores pode complementar e reduzir a dependência dos materiais críticos e estratégicos. A ABREFEN foi uma das instituições privadas que compôs o Conselho Nacional de Fertilizantes e Nutrição de Plantas (CONFERT), presidido pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC), na tarefa de revisão do Plano Nacional de Fertilizantes (PNF).

4.1.1 Plano Nacional de Fertilizantes 2050 (PNF 2050) – MDIC

O Brasil se posiciona como responsável por cerca de 8% do consumo global de fertilizantes, ocupando a quarta posição, ficando atrás apenas da China, Índia e dos Estados Unidos, segundo o Plano Nacional de Fertilizantes 2050 (PNF, 2050¹⁴⁵). O potássio é o principal nutriente utilizado no Brasil, representando 38% do consumo total de fertilizantes, seguido por fósforo (33%), e nitrogênio (29%). As *commodities* mais demandantes desses insumos são soja, milho e cana-de-açúcar que juntos respondem por mais de 73% do consumo de fertilizantes no País.

O risco de suprimento de insumos para a produção ou a própria importação dos fertilizantes impacta a segurança alimentar e, por este motivo, substâncias nitrogenadas, fosfatadas e potássicas são consideradas críticas para o Brasil. O país produz cerca de 20% da demanda por fertilizantes, dependendo da importação de mais de 80% do total consumido. Uma parte considerável dos custos de processamento de fertilizantes no país é baseada no gás natural como fonte energética. Além dos aspectos

145 <https://www.gov.br/mdic/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/documentos/pnf/pnf-v-07-21-11-23.pdf>

relacionados à exploração mineral, o custo do gás é um dos fatores que incentiva a importação dos fertilizantes.

O PNF 2050 estabelece em sua “visão de futuro” a conexão entre a Política Pró-minerais Estratégicos e a manutenção da posição de destaque brasileiro na produção mundial de alimentos. Dentro desta política cabe ao Governo Federal através da Agência Nacional de Mineração (ANM) e Secretaria Nacional de Geologia e Mineração e Transformação Mineral (SNGM/MME) viabilizar a efetiva utilização de títulos minerários como colateral dos financiamentos de projetos do setor de mineração de fosfato e potássio.

O PNF ainda projeta, por meio da análise de cenários, o potencial de aumento da produção agrícola nacional em 2030 a partir da exploração de rocha fosfática, decorrente de investimentos em PD&I e políticas públicas direcionadas ao setor como a de Pró-minerais Estratégicos, diminuindo a dependência dos fertilizantes fosfatados para 41%. Os cenários para 2040 ainda apontam para o incentivo à cadeia produtiva de remineralizadores associada a outras fontes alternativas de potássio, bem como amadurecimento da pesquisa mineral, podendo atingir 8 bilhões de toneladas de K_2O em 2050.

A Estratégia do PNF 2050 consiste em fomentar ações estratégicas e interconexão com outras políticas públicas nacionais. O objetivo geral do PNF 2050 é coordenar ações públicas e privadas para ampliar a produção competitiva de fertilizantes em território nacional.

Entre os objetivos específicos do PNF 2050 estão:

- 1.** Abranger adubos, corretivos, condicionadores e novas tecnologias;
- 2.** Ampliar a competitividade do agronegócio nacional;
- 3.** Diminuir a dependência externa; e
- 4.** Fortalecer políticas de incremento da competitividade da produção e da distribuição de insumos e de tecnologias.

No cenário atual, a cadeia de fertilizantes é complexa, interrelaciona-se com o setor de produção de alimentos, de energia, com as indústrias químicas, de mineração, óleo e gás, e, no tocante o comércio, o mercado externo e o abastecimento interno. No mercado internacional de fertilizantes, a crescente necessidade de expansão das áreas de plantio ou produtividade implica no aumento do consumo.

O Brasil possui algumas reservas de matérias-primas necessárias à produção de fertilizantes, tais como gás natural (componente para produção de amônia e ureia), porém a produção de rochas fosfáticas e potássicas têm sido muito abaixo da demanda brasileira.

Dentre os projetos contemplados na Política Pró-minerais Estratégicos, através do Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos (CTAPME), destacam-se os seguintes projetos relacionados à produção de insumos para fertilizantes: (i) Potássio Autazes (minério de potássio) (AM); (ii) Fosfato Três Estradas (minério de fosfato) (RS); (iii) Fosfato Berberibe (minério de fosfato) (CE); e (iv) Santa Quitéria (PSQ) (minério de fosfato e urânio) (CE).

Por fim, o PNF 2050 analisa tendências e faz sugestões de metas alinhadas direta e indiretamente com o setor de mineração, tais como: avanço nos levantamentos geológicos, leilões de áreas disponíveis para estimular investimentos, ampliação nos investimentos em PD&I, adequação regulatória e segurança jurídica para os investimentos no setor, diversificação e desconcentração da produção nacional.

Importante ressaltar que a manutenção do Convênio 100, que reduz a base de cálculos do ICMS dos insumos agropecuários nacionais, pode reduzir a vantagem tributária que hoje beneficia a importação de fertilizantes.

Tramita no Senado o Projeto de Lei nº 699 de 2023 que propõe a criação do Programa de Desenvolvimento da Indústria de Fertilizantes¹⁴⁶. Uma parte significativa da produção de fertilizantes no país utiliza como insumo energético o gás natural. Desta forma, a empresa YARA estima um investimento de R\$ 4 bilhões¹⁴⁷ na produção de amônia verde em sua unidade em Cubatão (SP) a partir da substituição do gás natural pelo biometano como fonte alternativa de energia, em parceria com a empresa RAÍZEN. Um projeto semelhante está sendo estruturado em parceria com as empresas YARA e ENBRIDGE no Texas, a partir de um investimento de US\$ 2,9 bilhões. Segundo dados da Secretaria de Comércio e Relações Internacionais do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), em 2020, o agronegócio brasileiro foi responsável por 48% do total das exportações brasileiras (Nascimento, 2021). No mesmo ano, o número de empregos relacionados ao agronegócio era de 17,3 milhões, 20,1% do total (Barros *et al.*, 2021).

146 <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2023/07/06/congresso-setor-pede-apoio-para-reduzir-de-80-para-50-fertilizantes-importados>

147 <https://agfeed.com.br/negocios/yara-ve-futuro-verde-para-os-fertilizantes-mas-quer-regras-do-jogo-claras-no-brasil/>

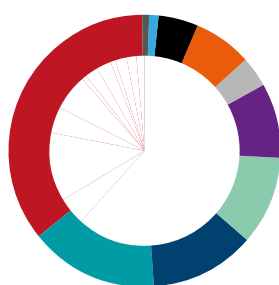
4.2 Energia

Brasil está na vanguarda da transição energética mundial. A descarbonização da matriz energética brasileira teve início nos anos 1970, a partir da crise do petróleo mundial, que motivou o Programa Nacional do Alcool, o Proálcool; a construção das grandes hidroelétricas nacionais e a construção do Sistema Interligado Nacional (SIN). A partir dos anos 2000, após período de racionamento de energia gerado por uma crise hídrica, surgiram medidas para a diversificação da matriz energética, como o Proinfa (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia) e leilões de energia específicos para a contratação de energia eólica, pequenas centrais hidrelétricas e termelétricas a biomassa.

Todo esse investimento permite que o país possua uma matriz energética diversificada, sendo 48,4% em fontes renováveis, muito acima da média mundial de 15% em renováveis. A matriz elétrica brasileira é ainda mais sustentável, com 82,9% de participação de fontes renováveis, em comparação a uma média mundial de 28,6% (BEN, 2023) em um sistema interligado que abrange 98% do território nacional (Figura 43).

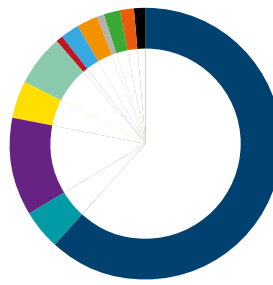
Figura 43: Brasil - matriz energética e matriz elétrica 2022.

Matriz energética brasileira 2022
303 milhões de tep*



- Petróleo e derivados - 35,7%
- Hidráulica - 12,5%
- Derivados de cana-de-açúcar - 15,4
- Gás Natural - 10,5%
- Lenha e carvão vegetal - 9,0%
- Outras renováveis - 7,0%
- Carvão mineral - 4,6%
- Eólica e solar - 3,5%
- Nuclear - 1,3%
- Outras não renováveis - 0,6%

Matriz elétrica brasileira 2022
677 TWh**



- Hidráulica - 61,9%
- Eólica - 11,8%
- Gás natural - 6,1%
- Bagaço de cana - 4,7%
- Solar - 4,4%
- Lixívia ou Licor negro - 2,5%
- Nuclear - 2,1%
- Importação líquida - 1,9%
- Outras não renováveis - 1,8%
- Carvão - 1,2%
- Óleo diesel - 0,9%
- Outras renováveis - 0,8%

Fonte: BEN, 2023. Legenda: *tep – tonelada equivalente de petróleo; **TWh – terawatt-hora

A participação crescente das fontes renováveis contribui para a redução do uso de usinas térmicas a combustíveis fósseis. Além de mitigar impactos ambientais e emissões de GEE, esta mudança na matriz energética pode resultar em redução do custo da energia, eliminando as bandeiras tarifárias nas faturas de energia elétrica, impostas sempre que ocorre o aumento da participação de energia das usinas térmicas na matriz energética.

Desde outubro de 2023 tramita em caráter de urgência o Projeto de Lei nº 516/2023, que dispõe sobre a promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono. Este projeto, apensado ao Projeto de Lei nº 4196 de 2023, que dispõe sobre a criação da política decenal de descarbonização da matriz energética dos equipamentos e motores do Ciclo Diesel, ganha consistência e fortalece a regulamentação do setor.

4.2.1 Energia Eólica

O Brasil possui 890 parques eólicos instalados, somando 25,04 GW de capacidade instalada (6º maior capacidade instalada em eólica no mundo). A previsão para 2028 é de um aumento para 44,78 GW de capacidade instalada (Abeeólica¹⁴⁸). Os componentes dos aerogeradores, torres e pás são de difícil transporte devido ao elevado tamanho, o que tem motivado o desenvolvimento de uma cadeia nacional de fornecedores de componentes e prestadores de serviços para a fabricação e instalação de aerogeradores de grande porte.

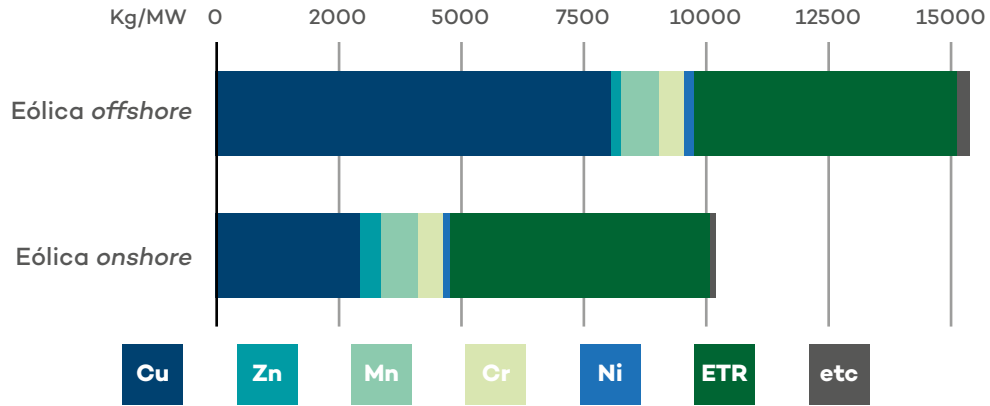
Somando um investimento de US\$ 23 bilhões, 65 projetos eólicos terrestres estão planejados para os próximos 5 anos. Além disso, 20 projetos eólicos offshore estão em fase de licenciamento e podem entrar em operação em um período de quatro a seis anos, somados eles representam 42GW de potência (Ibama, 2023¹⁴⁹).

A produção de aerogeradores demanda uma grande quantidade de minerais, incluindo elementos de terras raras (ETR) para a fabricação dos ímãs permanentes (Figura 44). Os ímãs permanentes são essenciais tanto para os aerogeradores, quanto para os motores de VE, equipamentos eletroeletrônicos entre outras aplicações.

148 <https://abeeolica.org.br/>

149 https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/laf/consultas/arquivos/20230802_Usinas_Eolicas_Offshore_compressed.pdf.

Figura 44: Demanda de minerais para tecnologias eólicas *offshore* e *onshore*.



Fonte: Adaptado de IEA (2021) Minerals used in clean energy technologies compared to other power generation sources.¹⁵⁰

A China detém 37% das reservas internacionais de ETR (44 milhões de toneladas) e controla toda a cadeia de produção dos ímãs permanentes. Em 2020, a China controlava cerca de 92% do mercado global de ímãs e ligas magnéticas de NdFeB¹⁵¹. Estados Unidos, Europa e Japão têm buscado alternativas à dependência dos ímãs permanentes e elementos de terras raras provenientes da China.

O Brasil possui a terceira maior reserva de terras raras no mundo, estimada em 21 milhões de toneladas (USGS, 2023¹⁵²), no entanto praticamente não produz terras raras.

A Serra Verde Pesquisa e Mineração Ltda (SVPM) está desenvolvendo uma operação integrada de mineração e processamento de elementos de terras raras (“ETR”) em Minaçu (GO). A produção comercial foi iniciada em final de 2023 e totaliza 5 mil toneladas por ano de óxido de terras raras, produzidos com energia renovável e recirculação de 82% da água.

¹⁵⁰ <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/minerals-used-in-clean-energy-technologies-compared-to-other-power-generation-sources>

¹⁵¹ “Rare Earth Permanent Magnets: Supply Chain Deep Dive Report,” Department of Energy, February 24, 2022, https://www.usitc.gov/publications/332/working_papers/rare_earth_and_the_electronics_sector_final_070921_2-compliant.pdf.

¹⁵² <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023-rare-earths.pdf>

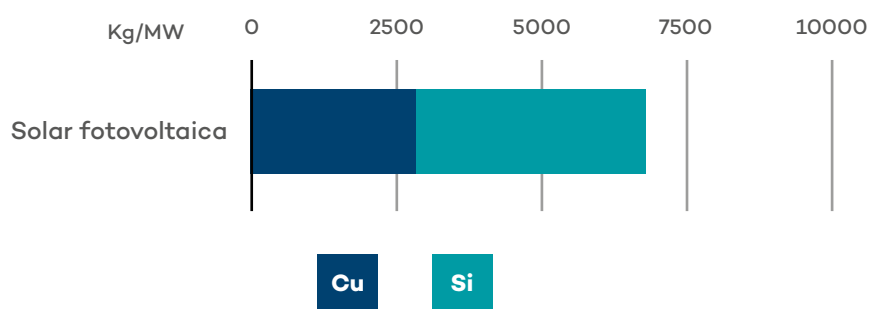
Outro projeto de produção de terras raras no Brasil é uma parceria entre a Mineração Taboca e o LAREX (Laboratório de Reciclagem, Tratamento de Resíduos e Extração) da USP. O projeto busca a purificação do resíduo da mineração de estanho para obter materiais de alto valor, como os Elementos Terras Raras (ETRs) em uma planta piloto localizada no LAREX, com apoio da unidade Embrapii Tecnogreen.

4.2.2 Energia Fotovoltaica

A geração solar fotovoltaica apresentou uma forte evolução tecnológica nos últimos anos, melhorando o desempenho dos sistemas e reduzindo os custos da produção. As quatro tecnologias solares fotovoltaicas mais utilizadas são: (i) células de silício cristalino (Si cristalino); (ii) seleneto de cobre, índio e gálio (CIGS); (iii) telureto de cádmio (CdTe) e (iv) células solares de silício amorfo (Si amorfo). As tecnologias de películas finas, CIGS, CdTe e Si amorfo) permitem células flexíveis, de menor custo, mas em geral com menor eficiência que as células de silício cristalino.

A expansão da geração solar fotovoltaica depende da oferta de minerais como cobre e silício principalmente, mas também níquel, alumínio, zinco, arsênio, gálio, índio e cádmio (Figura 45).

Figura 45: Demanda de minerais para tecnologias solares fotovoltaicas.

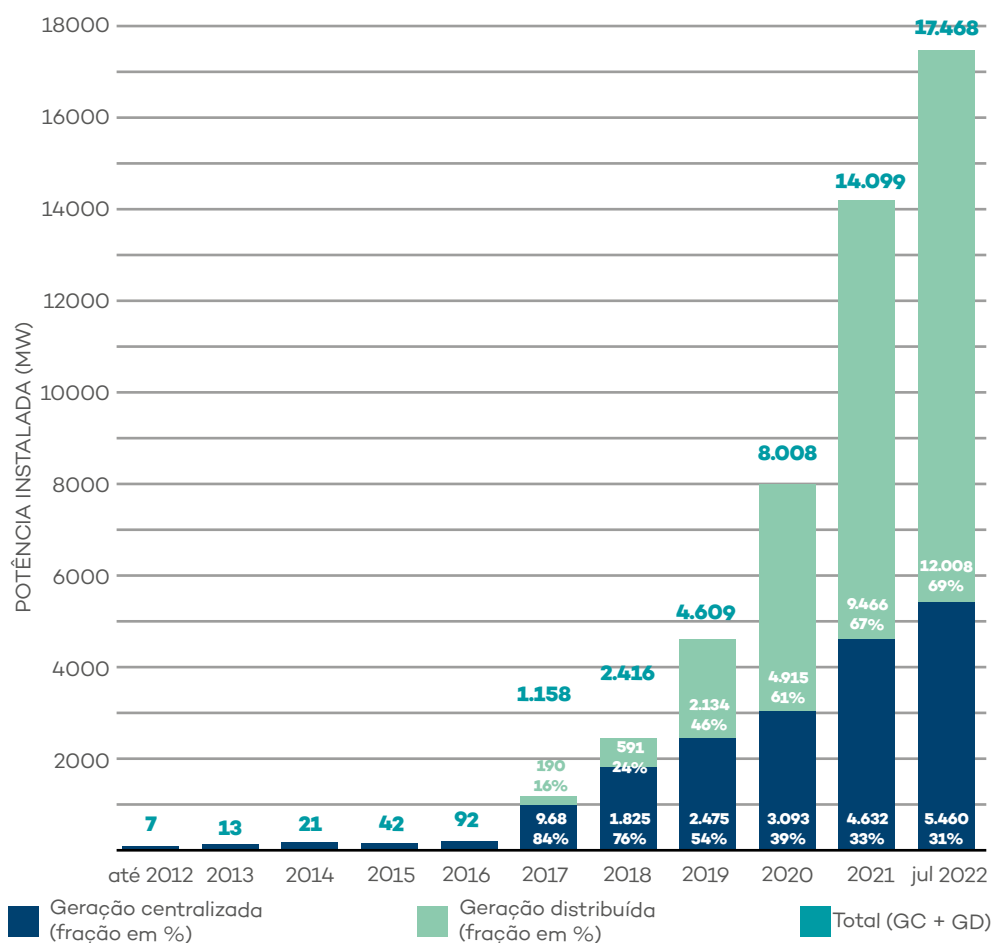


Fonte: Adaptado de IEA (2021) Minerals used in clean energy technologies compared to other power generation sources.¹⁵³

153 <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/minerals-used-in-clean-energy-technologies-compared-to-other-power-generation-sources>

Em 2023 a geração solar fotovoltaica deve atingir a capacidade instalada acumulada de 34GW. O aumento representa um crescimento de 52% em relação a potência atual e o melhor ano da história do setor no País. Desse total, 21,6 GW são provenientes de pequenos e médios sistemas de geração própria (geração distribuída), enquanto 12,4 GW estão em grandes usinas solares (geração centralizada) (Figura 46).

Figura 46: Evolução da fonte solar fotovoltaica no Brasil.



Fonte: Monteiro et al., 2023¹⁵⁴.

154 Monteiro, W. L., Vieira Filho, J. de A. A., dos Santos, W. S., & Macêdo, W. N. (2022). Desempenho operacional de minigeração solar fotovoltaica em edificações do Tribunal de Justiça Federal do Pará: Operational performance of solar photovoltaic minigeneration in Buildings of the Federal Justice court of Pará. *Brazilian Journal of Development*, 8(9), 60791–60815. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n9-026>

4.2.3 Sistemas de armazenamento de energia

O crescimento acentuado da participação de fontes renováveis na matriz elétrica impõe desafios para o sistema interligado nacional (SIN). A variabilidade natural das fontes fotovoltaica e eólica na geração de energia no Brasil demanda por um sistema elétrico modernizado, flexível, dinâmico aos requisitos operativos instantâneos e capaz de acomodar variações de geração. Tecnologias de redes elétricas inteligentes (*smartgrids*) devem ser implementadas para otimizar o aproveitamento das fontes renováveis de energia e manter a estabilidade do SIS.

Além das *smartgrids*, entre as soluções para minimizar os impactos da variabilidade de geração de energia por essas fontes renováveis estão: (i) o bombeamento reverso de hidrelétricas; (ii) os sistemas de armazenamento de energia por baterias de íons de lítio; (iii) a produção de hidrogênio verde.

O Brasil ainda carece de uma política pública para estruturar e incentivar o desenvolvimento de tecnologias de armazenamento de energia.

Em 2024, os leilões devem integrar baterias e outras soluções de armazenamento de energia ao sistema elétrico brasileiro. No início do ano estão previstos dois leilões, um para contratar potência e outro para descarbonizar a matriz elétrica da Amazônia.

Atualmente as baterias são utilizadas apenas na ponta do consumidor de energia em geração fotovoltaica distribuída. Em locais remotos, como comunidades isoladas na Amazônia, as baterias poderão substituir o uso de geradores a diesel, resultando na descarbonização e em benefícios econômicos e ambientais. O combustível fóssil utilizado nessas comunidades isoladas é subsidiado pela Conta de Consumo de Combustíveis (CCC), custeado por todos os consumidores na conta de luz.

O novo plano de descarbonização deve incentivar projetos como o da Vila Restauração no Acre (Energisa), que atende a 200 famílias com integração de usinas solares e baterias. O primeiro projeto de armazenamento de energia elétrica com baterias no Brasil (ISA Cteep) utiliza baterias capazes de entregar 60 MWh por duas horas, atuando nos momentos de pico de consumo, no litoral de São Paulo. A expansão contínua da geração eólica e solar fotovoltaica resultará em demanda por baterias de lítio para sistemas de armazenamento de energia. No entanto, o Brasil não possui mercado para as baterias de lítio automotivas.

De acordo com a ANFAVEA o mercado interno não viabiliza o investimento para ampliar a produção de veículos elétricos no Brasil. A produção de veículos elétricos dependeria da exportação para outros países na América Latina. Veículos elétricos são mais caros e mesmo na Europa correspondem a uma minoria da frota circulante na maioria dos países (Portugal 3%; Grécia e Bulgária 1%), com exceção da Noruega que possui 80% da frota em veículos elétricos. Além disso, os veículos elétricos demandam um forte investimento em estações de recarga e resultam em descarbonização efetiva somente se a matriz elétrica também estiver descarbonizada.

O Brasil possui uma frota majoritariamente híbrida, permitindo o uso de biocombustíveis como o etanol, portanto não há urgência em eletrificar a frota de automóveis no país. As grandes distâncias de um país continental e a falta de infraestrutura em estradas e postos de recarga são entraves para o desenvolvimento dos VE, por outro lado, a matriz elétrica brasileira é majoritariamente renovável, o que garantirá a ampla descarbonização do setor de mobilidade quando a frota circulante for elétrica.

4.2.4 Baterias de íons de lítio

Baterias de íons de lítio podem conter uma variedade de elementos químicos, mas consistem basicamente em um eletrólito não aquoso contendo sais de lítio, um anodo de grafite e um catodo contendo lítio associado a diferentes metais, como ferro, cobalto, níquel, manganês e alumínio. As principais baterias de íons de lítio no mercado são identificadas de acordo com a composição do catodo: LFP (LiFePO_4); NCA (LiNiCoAlO_2); LMO (LiMn_2O_4); NMC (LiNiCoMnO_2) e LCO (LiCoO_2) (Tabela 19).

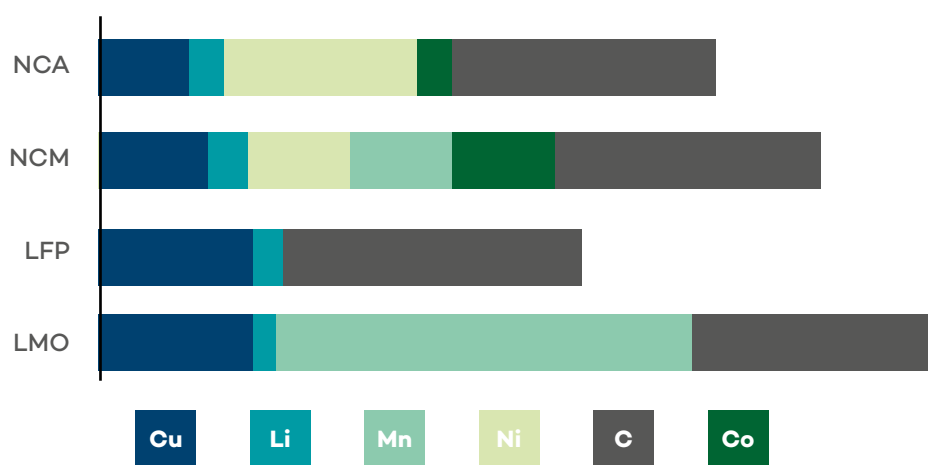
Tabela 19: Baterias de íons de lítio, principais tecnologias (anodo).

Baterias (anodo)						
LCO	LFP	LMFP	LMO	LNMO	NMC	NCA
LiCoO_2						LiNiCoAlO_2
(60% cobalto)	LiFePO_4	$\text{LiMn}_x\text{Fe}_{(1-x)}\text{PO}_4$	LiMn_2O_4	$\text{LiMn}_{15}\text{Ni}_{05}\text{O}_4$	LiNiCoMnO_2	(9% cobalto)

Tabela 20: Baterias de íons de lítio, principais tecnologias (catodo).

Baterias (catodo)		
Grafite e grafeno	LTO - Li_2TiO_3 e $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$	NTO ou TNO - TiNb_2O_7

As baterias de íons de lítio demandam uma variedade de minerais considerados críticos ou estratégicos, sobretudo em lítio (Li) e grafeno (C), mas também cobre (Cu), níquel (Ni), manganês (Mn) e cobalto (Co) (Figura 47).

Figura 47: Demanda de minerais para tecnologias de baterias de íons de lítio.

Fonte: Adaptado de IEA (2022) The Role of Critical World Energy Outlook Special Report Minerals in Clean Energy Transitions¹⁵⁵.

De acordo com o *Global EV Outlook*, em 2022, o mercado de baterias de veículos elétricos foi dominado por baterias do tipo NMC (60%), baterias LFP (30%) e baterias NCA (8%)¹⁵⁶. As pesquisas na área de baterias visam: (i) aumento da autonomia; (ii) redução do peso e tamanho; (iii) redução do tempo para recarga; (iv) substituição total ou parcial de minerais críticos. As melhorias podem ocorrer na química e no formato das células, na estrutura dos packs e nos processos de manufatura.

¹⁵⁵ <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>

¹⁵⁶ <https://iea.blob.core.windows.net/assets/dacf14d2-eabc-498a-8263-9f97fd5dc327/GEVO2023.pdf>

Uma inovação tecnológica é a dopagem e recobrimento dos catodos tradicionais com nióbio (niobato de lítio). A camada de nióbio estabiliza e aumenta a retenção de capacidade e, portanto, a durabilidade da bateria.

Com relação à química do anodo, o grafite pode ser total ou parcialmente substituído por silício. O silício possui uma densidade de energia 10 vezes maior que o grafite, teoricamente possibilitando carregamento mais rápido e maior autonomia. No entanto anodos de silício se expandem rapidamente (podendo causar danos à bateria) e perdem capacidade de armazenamento durante os ciclos de carga e descarga, configurando um desafio tecnológico para a substituição do grafite pelo silício. Mas avanços tecnológicos permitiram a produção de anodos de silício-carbono, representando 30% dos anodos no mercado, de acordo com dados do *Global EV Outlook (2023)*.

A substituição total do grafite pelo silício no anodo está sendo proposta em baterias de estado sólido, nas quais o eletrólito líquido é substituído por um eletrólito sólido à base de sulfeto em um dispositivo de microssilício. As baterias de estado sólido apresentam uma maior densidade energética (maior autonomia, menor peso), maior estabilidade (sem riscos de explosão ou fogo) e maior durabilidade. Em 2022 a Samsung inaugurou uma planta piloto para a produção de baterias de estado sólido, outros investidores em pesquisas nessa tecnologia são fabricantes de veículos elétricos, como Nissan, Mercedes-Benz, Stellantis, Volkswagen.

A Nissan anunciou que pretende lançar o primeiro veículo elétrico com bateria de estado sólido em 2028. Se essa inovação disruptiva chegar ao mercado, provocará fortes mudanças para todos os setores que utilizam as baterias de íons de lítio; com aumento de eficiência, redução de custos e possibilidade de transporte seguro para as baterias, que atualmente são montadas próximo ao mercado consumidor por restrições de transporte devido ao risco de explosões.

Outras inovações buscam adicionar o óxido de nióbio (Nb_2O_5), na composição química dos ânodos, para a criação de novos óxidos metálicos, como o óxido de nióbio e tungstênio NWO ($\text{Nb}_{16}\text{W}_5\text{O}_{55}$), o niobato de níquel (NiNb_2O_6) e o niobato de titânio NTO (TiNb_2O_7) (Agamohamad *et al.*, 2022¹⁵⁷; Hüger *et al.*, 2023¹⁵⁸). Pesquisas também estudam a inclusão do nióbio diretamente na composição do eletrólito sólido.

157 Aghamohammadi, H., Hassanzadeh, N., & Eslami-Farsani, R. (2022). A comprehensive review study on pure titanium niobium oxide as the anode material for Li-ion batteries. *Journal of Alloys and Compounds*, 911, 165117.

158 Hüger, E., Riedel, L., Zhu, J., Stahn, J., Heitjans, P., & Schmidt, H. (2023). Lithium Niobate for Fast Cycling in Li-ion Batteries: Review and New Experimental Results. *Batteries*, 9(5), 244.

A tecnologia NTO foi desenvolvida pela CBMM em parceria com a Toshiba, no Japão. Esse ânodo tem apresentado o melhor desempenho em baterias, com aumento de segurança, durabilidade e recarga ultrarrápida de 90% da bateria, em apenas 6 minutos e autonomia de mais de 300 km. As empresas parceiras assinaram um aporte de U\$7,2 milhões para a produção das baterias em planta piloto. Em outra parceria da CBMM, a WVCO (Volkswagen Caminhões e Ônibus) investe na aplicação da tecnologia NTO para fabricação de ônibus elétricos.

4.2.5 Biocombustíveis

O Brasil investe em biocombustíveis desde a década de 1970, a partir do Programa Nacional de Álcool (Proálcool), que lançou o etanol como o primeiro biocombustível para automóveis no Brasil. Outros biocombustíveis como o biodiesel e o biogás foram desenvolvidos a partir do Plano Nacional de Energia, em 2005.

O etanol é produzido a partir de cana-de-açúcar e de milho. O combustível é utilizado na frota de automóveis híbridos e confere vantagem ao Brasil em metas de descarbonização da mobilidade. Além de produzir o etanol, grande parte das usinas produtoras de açúcar e etanol geram bioeletricidade a partir do uso da biomassa da palha e bagaço da cana. Durante a safra as usinas tornam-se autossuficientes em eletricidade e ainda exportam a produção excedente para a rede elétrica do país (SIN). É importante ressaltar que essa geração de bioeletricidade atua em complementariedade com a fonte hídrica, uma vez que o aumento da geração da bioeletricidade ocorre durante a safra, período concomitante ao da estiagem^{159, 160}

Outro biocombustível amplamente utilizado no Brasil é o biodiesel. Em 2022, foram consumidos 6,3 bilhões de litros de biodiesel no Brasil, produzidos em 58 usinas produtoras a partir de matérias-primas variadas como óleo de soja, materiais graxos, gordura bovina e dendê¹⁶¹.

159 CCEE. (2023). InfoMercado: Dados Individuais. Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, São Paulo. Disponível em www.ccee.org.br

160 https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-756/NT-EPE-DPG-SDB-2023-01_Analise_de_Conjuntura_dos_Biocombustiveis_Ano2022.pdf

161 https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-756/NT-EPE-DPG-SDB-2023-01_Analise_de_Conjuntura_dos_Biocombustiveis_Ano2022.pdf

O biogás tem se tornado cada vez mais relevante na matriz energética, de 2021 para 2022, a contribuição do biogás para a oferta interna de energia passou de 376 mil toneladas equivalentes de petróleo (tep) para 438 mil tep. A maior parte do biogás é proveniente de resíduos sólidos urbanos. Por sua vez, as perspectivas positivas para a fonte se fundamentam nos avanços regulatórios, na visibilidade em políticas públicas e em estratégias comerciais de empresas do setor energético que possuem recursos para a sua produção. O biogás pode ser utilizado na produção de um biocombustível padronizado, análogo ao gás natural fóssil, denominado biometano.

O biometano representa uma vantagem muito competitiva ao Brasil na corrida pela produção de hidrogênio verde. Por ser equivalente ao gás natural, o biometano pode usar a infraestrutura usada hoje na produção de hidrogênio a partir de gás – o hidrogênio cinza – para produção de hidrogênio verde a um custo competitivo.

4.2.6 Hidrogênio verde

Outra tecnologia capaz de armazenar a energia gerada pelas fontes renováveis variáveis, solar fotovoltaica e eólica, é o hidrogênio verde, pois este permite que a energia renovável seja mantida não só em grandes quantidades, mas também por longos períodos.

O hidrogênio livre é considerado um excelente vetor energético por sua capacidade de armazenar e fornecer grandes quantidades de energia por unidade de massa. É um combustível de queima limpa e, quando combinado com o oxigênio em uma célula de combustível, o hidrogênio produz calor e eletricidade tendo apenas vapor d'água como coproduto. A empresa Vale possui unidade siderúrgica operando com hidrogênio na Europa, uma tendência que, para além do gás natural, pode ser alternativa ao carvão.

O hidrogênio geológico (branco), formado durante processos biológicos e geológicos, é extraído por *fracking*. O processo envolve perfurar camadas geológicas e injetar uma mistura de água, areia e produtos químicos sob alta pressão para liberar o gás das rochas. No entanto, a extração de hidrogênio branco possui muitos desafios para armazenamento e transporte. As opções tecnológicas conhecidas para extração de hidrogênio branco são muito caras e não são ambientalmente seguras ou sustentáveis.

Hidrogênio verde é aquele produzido com eletricidade gerada por fontes renováveis (hidrelétrica, eólica, solar, biomassa, biogás) e pode realizar

a integração entre a energia elétrica carbono zero e outros usos, como energético e químico. Este conceito é chamado *Power-to-X* (PtX), onde o termo “X” representa a forma de energia ou o uso pretendido.

O hidrogênio verde e suas tecnologias PtX são considerados fundamentais para a transição energética de baixo carbono. Entre os países mais comprometidos com a questão climática, há uma expectativa de que o hidrogênio verde substitua o petróleo e gás natural, como principal recurso energético, até 2050. Para tanto estão sendo realizados investimentos em pesquisa e inovação e implementadas políticas públicas em diversos países para incentivar e viabilizar a produção, distribuição e aplicação do hidrogênio verde.

O hidrogênio é amplamente utilizado na indústria química para produção de plásticos, metanol e fertilizantes e sua aplicação como fonte energética é recente. Em 2022, o hidrogênio representou menos de 2% do consumo de energia da Europa. Mas a Europa está em uma corrida para reduzir a dependência em combustíveis fósseis e na importação de gás natural e pretende produzir 10 milhões de toneladas e importar 10 milhões de toneladas de hidrogênio verde até 2030¹⁶². O Departamento de Energia dos EUA (DOE) elaborou o “*National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap*” para avaliar o cenário atual de produção, transporte, armazenamento e utilização de hidrogênio nos Estados Unidos e traçar estratégias para a produção e utilização em larga escala de hidrogênio em cenários para 2030, 2040 e 2050¹⁶³.

As principais tecnologias de produção de hidrogênio são (i) eletrólise em eletrolisadores (ii) reforma a vapor do metano (biogás) em reator catalítico (hidrogênio cinza ou azul).

O rápido crescimento na produção e uso de hidrogênio verde vai aumentar a demanda global por níquel e zircônio para eletrolisadores e de metais do grupo da platina para células de combustível.

Os eletrolisadores de membrana de troca de prótons (PEM) usam platina e irídio. Os eletrolisadores de células de eletrólise de óxido sólido (SOEC), por outro lado, dependem dos elementos de terras raras, ítrio e cobalto.

162 A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0301>

163 <https://www.hydrogen.energy.gov/library/roadmaps-vision/clean-hydrogen-strategy-roadmap>

O Brasil ainda não produz hidrogênio verde, mas possui alguns projetos em andamento. A matriz energética renovável brasileira propicia um grande potencial para que o país seja um grande produtor mundial de hidrogênio verde.

Há forte interesse internacional no potencial do Brasil como produtor de hidrogênio verde. O programa H2Brasil faz parte da Cooperação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável (GIZ- MME-BMZ) e visa apoiar a expansão do mercado de hidrogênio verde e produtos derivados no Brasil. Um dos projetos apoiados pelo programa é uma planta piloto no Rio Grande do Norte para produção de combustível sustentável de aviação (SAF, sigla em inglês), utilizando hidrogênio verde da glicerina – coproduto da produção do biodiesel, no Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis (ISI-ER). Outro projeto apoiado é da Universidade Federal de Itajubá (Unifei), um centro de hidrogênio verde que irá testar a viabilidade do uso de hidrogênio de baixo carbono em processos industriais de empresas siderúrgicas

A União Europeia anunciou investimento de 2 bilhões de euros para apoiar a produção de hidrogênio verde no Brasil, como parte do plano de investimento global da UE, o *Global Gateway*¹⁶⁴.

Talvez o maior entrave para a exportação de hidrogênio verde seja a dificuldade em armazenar e sobretudo transportar hidrogênio. A molécula de hidrogênio é a menor e mais leve de todas as moléculas conhecidas, portanto o hidrogênio tem uma densidade extremamente baixa à pressão atmosférica. Para armazená-lo e transportá-lo de forma eficiente, ele precisa primeiro ser condensado por compressão em alta pressão, liquefação criogênica ou adsorção em superfície de sólidos. Todas as alternativas envolvem altos custos operacionais e energéticos (Rao & Yoon, 2020¹⁶⁵).

Uma solução para o transporte de hidrogênio verde é a conversão em amônia verde, produto facilmente armazenável e transportável. A amônia pode funcionar como meio de transporte de hidrogênio por longas distâncias, visto que se pode utilizar a tecnologia e infraestrutura existentes para transporte da amônia fóssil, as quais já são muito bem desenvolvidas. Uma vantagem dessa rota é que, ao chegar no destino, o hidrogênio pode ser novamente extraído para uso final.

164 https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ac_23_3265

165 Rao, P. C., & Yoon, M. (2020). *Potential liquid-organic hydrogen carrier (LOHC) systems: A review on recent progress. Energies*, 13(22), 6040.

Em agosto de 2023 o MME divulgou o Plano de Trabalho Trienal (2023-2025) do Programa Nacional do Hidrogênio (PNH₂). O plano ressalta a posição de destaque do Brasil na transição energética e indica o país como um possível fornecedor de hidrogênio tanto para consumo interno quanto para exportação. O plano trienal destaca como potenciais usos do hidrogênio de baixo carbono: (i) uso na indústria metalúrgica (substituição do coque por hidrogênio); (ii) uso do hidrogênio na produção de derivados de petróleo, possibilidade de inclusão do processo de captura, utilização e armazenamento do dióxido de carbono (CCUS) na produção de hidrogênio em 11 das 19 refinarias já instaladas no país, que hoje já produzem hidrogênio e tem capacidade ociosa disponível (cerca de 200 mil toneladas de hidrogênio por ano nas refinarias brasileiras); (iii) fonte para a produção de novos combustíveis para descarbonização dos setores de aviação e de navegação, ex.: Combustível Sustentável de Aviação (SAF); (iv) produção de fertilizantes com baixa intensidade de carbono associado, possibilitando o uso da amônia como carregador energético para o hidrogênio (viabilização de exportação em larga escala).

A Yara anunciou a aquisição de biometano e deve iniciar em breve a produção de amônia verde no Brasil. Essa tecnologia reduz em 80% das emissões de gases de efeito estufa na produção de fertilizantes em comparação ao gás natural. A empresa também tem projetos de projetos de amônia verde baseados em energia eólica, solar e elétrica hídrica. No Brasil a Yara é a única produtora de fertilizantes nitrogenados. Interessada no mercado de hidrogênio, a empresa criou uma nova subsidiária, a Yara Clean Ammonia (YCA) e tem investido em projetos para produção de amônia verde em outros países. Um dos projetos objetiva a modernização de terminais de amônia na Alemanha e prevê a produção de até 3 milhões de toneladas de amônia verde, o equivalente a cerca de 530.000 toneladas de hidrogênio verde.

4.27 Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050) – MME

O Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050), lançado em 2020, foi coordenado pela Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético (SPE) do MME (atualmente denominada de Secretaria Nacional de Transição Energética e Planejamento) em parceria com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE). O PNE 2050 consiste em um conjunto de estudos e diretrizes para o desenho de uma estratégia de longo prazo para o setor energético do Brasil.

O PNE 2050 estabelece que diversos fatores devem ter sua influência considerada no planejamento energético em uma escala de longo prazo, tendo em vista a previsão de grandes transformações decorrentes da transição energética. O PNE 2050 enumera nove questões transversais, dentre as quais se destacam a transição energética e a descarbonização como as que mais demandarão insumos de minerais estratégicos e críticos.

A Tabela 21 a seguir qualifica as fontes energéticas avaliadas no PNE 2050 e sua relação com a demanda por metais da transição energética, com base na lista de minerais estratégicos.

Tabela 21 - Fontes de energia mencionadas no PNE e a demanda associada por minerais estratégicos.

Fontes de energia PNE 2050	Minerais estratégicos																		
	Mo	Co	Cu	Cn	G.Pt	Li	ETR	Nb	Ni	Si	Ta	Ti	W	U	V	Al	Fe	Au	Mn
Hidroeletricidade	Alto	Alto	Alto	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
Energia eólica	Alto	Alto	Alto	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
Energia solar	Alto	Alto	Alto	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
Bioenergia	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
Energia Nuclear	Alto	Alto	Alto	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
Potência complementar	Alto	Alto	Alto	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
Tecnologias disruptivas	Alto	Alto	Alto	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
Petróleo e derivados	Alto	Alto	Alto	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
Gás natural	Alto	Alto	Alto	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio

Fonte: Adaptado a partir de IEA, World Bank e EC.

Obs 1: Tecnologias disruptivas e recursos energéticos distribuídos (tecnologias de armazenamento, eficiência e distribuição) foram combinados em um mesmo grupo.

Obs 2: Os resíduos urbanos não foram considerados no quadro.

ETR: Elementos de terras raras leves e pesadas. G.Pt: Grupo de elementos de grupo Platina.

Cn: Grafita.

Pode-se inferir que, no desenvolvimento das tecnologias associadas às fontes de energia mencionadas na tabela acima, os minerais estratégicos listados estão ligados em maior ou menor grau na base de suas cadeias de produção. Na questão da transição energética para limitar os efeitos adversos da mudança climática, as principais iniciativas se concentram no desenvolvimento e instalação de novas tecnologias, nas quais se verifica uma tendência de aumento da demanda de suprimento por metais e outros elementos que são matérias-primas envolvidas na construção de componentes e equipamentos relacionados. Portanto, a transição energética para fontes renováveis vai requerer um grande incremento na produção desses minerais considerados críticos ou estratégicos.

Neste cenário, embora o PNE 2050 não faça menção explícita aos minerais estratégicos e críticos, o setor de mineração tende a se tornar um dos setores de mais rápida expansão em consequência das inovações tecnológicas empregadas no setor de energia; e a combinação entre a transição energética e a dependência por minerais vem sendo discutida por muitos especialistas como um indissociável nexos “energia-minerais”.



4.3 Infraestrutura

A infraestrutura serve como suporte ao desenvolvimento socioeconômico de uma região, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida e apoio ao estabelecimento de novos empreendimentos, atendendo às demandas para a adaptação às mudanças climáticas. No setor mineral, estudos têm sido aprimorados para contribuir com a capacidade de captação e reaproveitamento de águas pluviais, provisão de áreas de contenção e armazenamento provisório de águas pluviais. No entanto, a mais recente contribuição é a apresentação do Plano de Transformação Ecológica (PTE), lançado pelo Ministério da Fazenda na Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP28), em 2023.

O plano tem foco no financiamento de infraestrutura e é composto por seis eixos: financiamento sustentável, adensamento tecnológico, bioeconomia, transição energética, economia circular e infraestrutura e adaptação às mudanças climáticas. Para além do foco em soluções para a transição energética com a substituição dos combustíveis fósseis por energia sustentável, as ações do plano compreendem o mercado regulado de carbono, a criação de núcleos de inovação tecnológica nas universidades, a ampliação de áreas de concessões florestais, a eletrificação de frotas de ônibus, o estímulo à reciclagem e obras públicas para reduzir riscos de desastres naturais.

Considerando os expressivos volumes dos materiais processados pelo setor mineral desde a exploração até os diferentes estágios de transformação, percebe-se a importância da provisão de serviços de saneamento, transporte, energia e telecomunicação. Soma-se a este critério a diversidade de materiais e a dimensão continental do país, a infraestrutura ganha ainda mais complexidade e acréscimo do custo de aquisição e manutenção.

Estudos foram desenvolvidos pela Universidade de Oxford (2015¹⁶⁶) propondo o uso compartilhado da infraestrutura para a mineração, em especial, o compartilhamento de ferrovias e portos, para minimizar os custos. O estudo contempla as fases de exploração, desenvolvimento, construção e operação, e explora o potencial de capacidade da infraestrutura, demanda por segmento, atuação de terceirizados e aspectos regulatórios. Os resultados sugerem que o compartilhamento da infraestrutura sob cuidadosa regulamentação pode contribuir para a competição dos agentes envolvidos, levando ao crescimento econômico de forma justa e não discriminatória.

166 <https://www.bsg.ox.ac.uk/sites/default/files/2018-05/BSG-WP-2015-009.pdf>

O atual panorama geopolítico, que afeta também os suprimentos de recursos minerais, oferece oportunidades para a formatação de novas e diversas parcerias estratégicas, de interesse do Brasil. Algumas tendências de parceria têm surgido neste novo cenário de globalização para aproveitar as oportunidades criadas pelo processo de realocação das cadeias produtivas globais. Assim, as estratégias seguintes ganham força a partir da consideração das questões geográficas, geopolíticas e geológicas (para o caso de recursos minerais), que passam então a influenciar na decisão das empresas sobre investimentos, e não mais apenas por causa dos custos de produção ¹⁶⁷:

- **Nearshoring:** aproximação das cadeias produtivas do mercado de consumo, com a intensificação de negócios com países mais próximos geograficamente, a exemplo do México com os EUA e Canadá, ou do Vietnã com a China.
- **Friendshoring:** relacionamento comercial com países mais alinhados politicamente. O Brasil apresenta a vantagem de se relacionar diplomaticamente e comercialmente com nações dos mais variados espectros políticos.
- **Greenshoring:** estabelecimento de negócios por empresas aderentes às práticas ESG (*Environment, Social and Government*) que desejam desenvolver cadeias de abastecimento em países mais verdes, com predominância de energias renováveis, e com condições gerais competitivas.
- **Powershoring:** estratégia de atração de investimentos para um país com matriz energética mais limpa para a implantação de plantas industriais intensivas em energia (metalurgia, metalomecânica, cimento, fertilizantes etc.). As empresas investidoras necessitam mitigar suas emissões de GEE, de segurança energética e de redução de custos.
- **Reshoring:** estratégia de reescalonamento, com a retomada de indústrias que haviam deixado o país em busca de mercados mais competitivos. A proposta visa motivar as indústrias e empresas a retomarem seus mercados e nacionalidade de origem¹⁶⁸.

167 ARBACHE, J. Qual transição verde e justa? Valor, 14/9/2023, p. A13.

168 Nedumpara, J.J., 2024. Global Trade and Customs Journal. Greenshoring and Reshoring: Changing Faces of Global Supply Chains and its Impact on International Economic Law - Volume 19, Issue 3 © 2024 Kluwer Law International BV, The Netherlands. Friendshoring, Nearshoring Introduction to the Special Issue

A estratégia de **powershoring** tende a promover o aumento substancial das exportações do país anfitrião dos investimentos, de produtos mais verdes, com menos emissão específica de GEE. Nesse ponto o Brasil se coloca de forma especialmente vantajosa. Segundo a EPE/MME, a matriz energética brasileira, em 2022, apresentou 47% de fontes renováveis (62% na indústria nacional); muito superior aos 14% da matriz energética mundial e 12% da OCDE em 2021. A posição brasileira é invejável quando se compara a participação de fontes renováveis na matriz energética brasileira (47%) com a participação de renováveis na matriz de alguns países de destaque na produção de minerais, segundo dados da Agência Internacional de Energia: Chile (27%), Peru (19%), Canadá (24%), EUA (11%), México (13%), Austrália (11%), China (11%), Índia (18%) e Indonésia (13%). Na matriz elétrica nacional, 88% se originam de fontes renováveis, na matriz elétrica mundial, apenas 27%, e a OCDE, 31%¹⁶⁹.

O estabelecimento de parcerias a partir da necessidade de integração e uso compartilhado de infraestrutura tem sido uma tendência mundial em diferentes setores produtivos. Nesse contexto, o conceito de proximidade já apresentado por meio de Diretiva Europeia sobre gestão de resíduos¹⁷⁰, ganha espaço com a definição de **nearshoring**, ou seja, a busca da redução de custos a partir da exploração em áreas próximas¹⁷¹.

Dois aspectos prioritários relacionados à infraestrutura são identificados por empresas do setor mineral, que apontam a (i) adequação e aprimoramento da malha rodoviária, (ii) ampliação da malha ferroviária e fluvial e a (iii) aumento na cobertura da distribuição da energia elétrica como os principais gargalos. Algumas empresas optaram por estabelecer seus empreendimentos industriais em regiões com infraestrutura compatível com as demandas de produção e consumo e, nem sempre, essas regiões coincidiam com as áreas de mineração. Ainda nos dias atuais, regiões mais remotas do país nas quais se localizam parte das minas não possuem fornecimento de energia elétrica interligada ao grid ou estrutura viária adequada ou em boas condições de tráfego. As rodovias mais precárias encontram-se na região Norte do país, potencializando a demanda por malhas viárias adequadas para o transporte dos bens minerais.

169 Balanço Energético Nacional - BEN 2022 (2023). Empresa de Pesquisa Energética (EPE)/MME

170 <https://mycouncil.surreycc.gov.uk/Data/Planning%20and%20Regulatory%20Committee/20011206/Agenda/Core%20Document%2008%20ProxPrinc.pdf>

171 <https://doi.org/10.1515/heem-2016-0015>

O modal de transporte rodoviário seria suficiente para atender a movimentação dos minerais estratégicos em razão dos volumes processados, enquanto a infraestrutura aeroportuária se faz importante para a recepção de peças e insumos, bem como deslocamento dos funcionários.

A necessidade de adequação da tributação em relação a movimentação de cargas no país e a localização das unidades industriais é uma questão que merece atenção por onerar a cadeia de suprimento. A título de exemplo, a incidência de 2% de ICMS na transferência interestadual de material entre unidades de uma mesma empresa tem representado um custo significativo e os créditos acumulados, nesse caso, não têm sido restituídos.

A reforma tributária em curso no país (PEC 45/2019¹⁷²), que tem o importante objetivo de adequar o sistema tributário brasileiro corrigindo distorções do mercado e inconsistências de arrecadação. Entretanto, na busca pela agregação de valor às *commodities* por meio da produção de bens de consumo, a instalação de novas unidades produtivas ou adequação tecnológica de unidades pré-existentes, encontram desafios na regulamentação tributária. O artigo 36 do documento, por exemplo, onera produtos primários e semiacabados, enquanto o artigo 153 estabelece o Imposto Seletivo que onera o setor em 1% do valor de mercado do produto. Apesar do objetivo principal ser sanar as inconsistências e custos de conformidade, a proposta tende a inibir o desenvolvimento do setor.

A proposição de incentivo econômico a partir da **isenção fiscal** para empreendimentos que priorizem os materiais estratégicos e críticos pode possibilitar o redirecionamento de investimentos para a melhoria da infraestrutura. Um mecanismo de retroalimentação que pode render resultados no curto e médio prazo. Uma outra prática interessante e já discutida no setor mineral¹⁷³ é a **infraestrutura resiliente** com a capacidade de absorver os impactos do crescimento acentuado e adequação tecnológica de processos produtivos.

A China é importante exemplo de país que vivenciou o boom da construção civil, com alta demanda de insumos minerais ao longo de décadas como suporte ao crescimento populacional e estabelecimento de unidades produtivas. Recentemente, a construção civil deu lugar à indústria de equipamentos eletrônicos e telecomunicações, colocando o país em

172 <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2196833>

173 <https://www.icmm.com/en-gb/mining-metals/contribution/sustainable-communities/sustainable-infrastructure>

posição de vulnerabilidade em relação ao suprimento de chips no período durante e pós-pandemia.

Muitas empresas brasileiras consideram absorver os custos da infraestrutura necessária para a instalação, operação e a adequação da produção como forma de viabilizar os empreendimentos. Recentes aquisições e fusões para garantir o suprimento de materiais para a transição energética têm exigido rápidas adequações. Como mecanismo de compensação, podem ser negociadas isenções fiscais com estados e a federação. A título de exemplo, a empresa norueguesa de fertilizantes YARA realizou um investimento de cerca de R\$ 15 bilhões em infraestrutura para a estruturação e adequação do porto em Rio Grande (RS), montante do qual R\$ 2 bilhões foram destinados em 2022 para a ampliação da capacidade de exploração e logística ¹⁷⁴.

Considerando o suprimento de minerais críticos como prioridade nacional, o governo americano alocou US\$ 407 milhões para três áreas prioritárias no setor: pesquisa, desenvolvimento e demonstração, a partir do suporte ao Serviço Geológico Americano (USGS) em parceria com institutos de pesquisa e a academia (IEA, 2022).

A Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA, 2023), alerta que antes de atingirmos a escassez de reservas já enfrentamos limitações de tecnologia e infraestrutura para a exploração mineral que, somadas aos conflitos geopolíticos, reforçam a dependência em razão da concentração geográfica da exploração dos materiais críticos por empresas dominantes. Dentre as principais nações produtoras, pode-se exemplificar: Austrália (lítio), China (grafite, terras raras), Chile (cobre e lítio), República Democrática do Congo (cobalto), Indonésia (níquel) e África do Sul (platina, irídio), bem como a China responsável por mais de 50% do fornecimento mundial refinado de grafite (natural), disprósio (uma terra rara), cobalto, lítio e manganês.

Apesar da produção ser concentrada, a distribuição dos depósitos naturais se concentra nos países em desenvolvimento. A Bolívia, por exemplo, detém 21 milhões de toneladas de lítio, mas produz apenas 1% da demanda global. Uma questão sensível é o fato de que cerca de 54% das reservas de minerais críticos mundiais se encontrarem próximas de reservas indígenas, exigindo articulações para a definição de estratégias para coibir conflitos e validar metodologias de licenciamento e autorizações de exploração

174 <https://agfeed.com.br/negocios/yara-ve-futuro-verde-para-os-fertilizantes-mas-quer-regras-do-jogo-claras-no-brasil/>

(IRENA, 2023). O estudo ainda aponta como desafios a serem enfrentados quanto ao suprimento de recursos: os conflitos externos, o nacionalismo de recursos, as restrições à exportação, os cartéis minerais e a instabilidade e manipulação de mercado.

O gerenciamento dos impactos ambientais consiste em outro aspecto que pode ser dirimido a partir do planejamento da infraestrutura. Nesse sentido, os Estados Unidos direcionaram em 2021¹⁷⁵ cerca de US\$ 1 trilhão para investimento no setor, priorizando o saneamento, gestão de resíduos, gerenciamento de recursos hídricos e mitigação de impactos. Com a estimativa do governo de alcançar 50% de eletrificação dos veículos em 2030, todos os esforços estão sendo orientados no suporte à infraestrutura necessária para atender as demandas industriais, mas também buscando resguardar o meio ambiente e evitando conflitos sociais.

O setor da construção é o mais intensivo em recursos no mundo (Iacovidou e Purnel, 2016¹⁷⁶; BGS, 2023¹⁷⁷), e em maior parte, recursos minerais. O mineral mais demandado para compor a infraestrutura global é o ferro e apenas a Austrália supre 35% da demanda mundial desse material. Por outro lado, a bauxita, apesar de ser uma rocha sedimentar e não um mineral, é a base da produção do alumínio que é amplamente empregado, por exemplo, na indústria automotiva, aeronáutica e construção civil.

Acompanhando a importância do setor, os primeiros estudos no Brasil sobre mineração urbana foram desenvolvidos sobre a reciclagem de resíduos de demolição e construção civil (RDC) e a produção de agregados (Nunes, 2004; Lima, 2013¹⁷⁸). Os estudos evidenciam o significativo potencial da recuperação de agregados minerais a partir de fontes secundárias, apesar do setor ainda não possuir incentivo.

Com a estimativa de geração de 100 milhões de toneladas por ano no Brasil de RDC, cerca de 500 kg/hab.ano, sendo São Paulo o maior polo gerador, com 23 milhões de toneladas por ano, seguido por Minas Gerais, Rio de Janeiro e Bahia. A caracterização dos RDC evidencia concentração de silício (>45%), alumínio (>6%), magnésio (>2%), potássio (>1,3%) e outros,

175 <https://www.reuters.com/article/us-critical-minerals-at-home-idUSKBN2FD1GU>

176 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.098>

177 <https://www.bgs.ac.uk/discovering-geology/maps-and-resources/critical-raw-materials-resources/modern-life-doesnt-grow-on-trees/critical-minerals-in-infrastructure/>

178 https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-26122013-144341/publico/Tese_FranciscoLima_unprotected.pdf

com teores compatíveis com a composição do concreto. Ou seja, uma fonte importante de materiais estratégicos para a utilização na qualidade de insumo secundário (Mello, 2022).

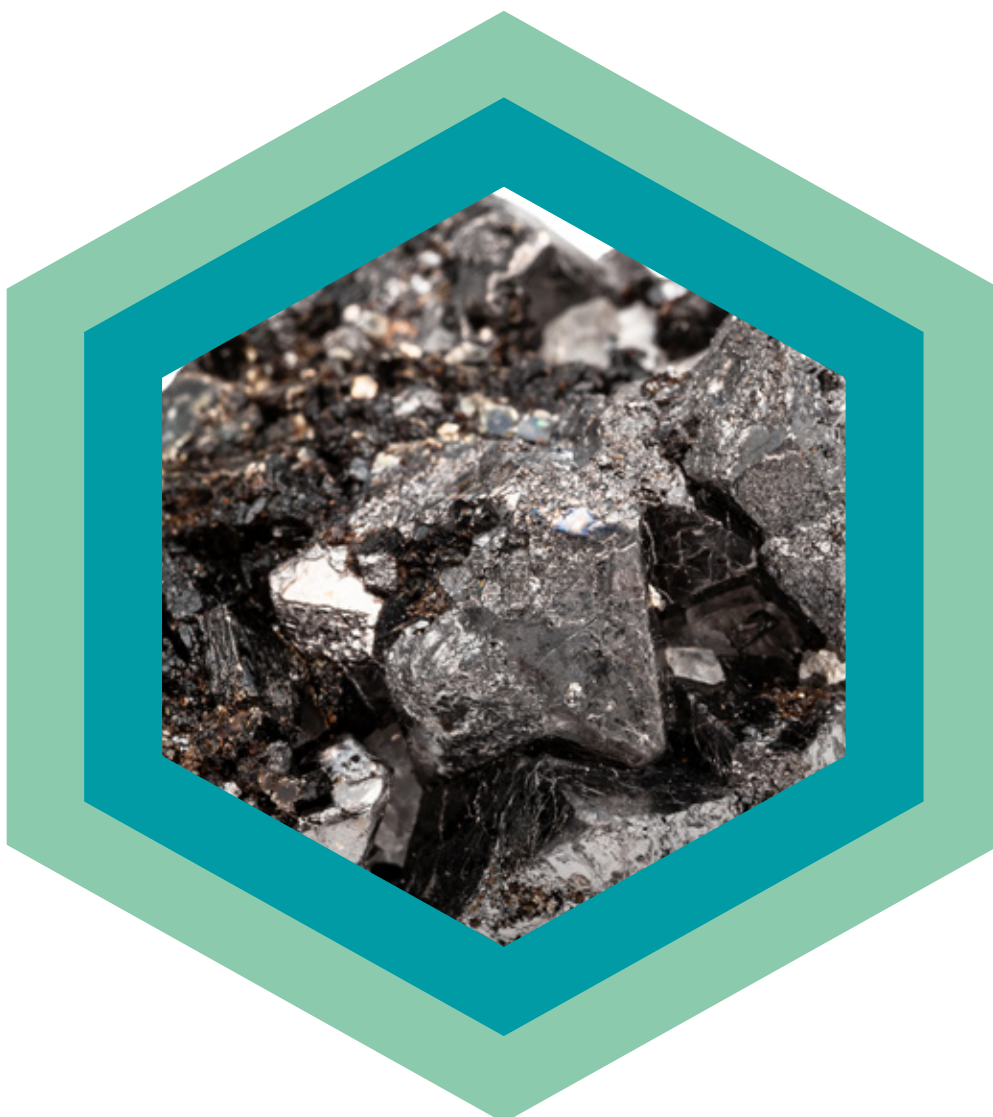
4.3.1 **MAPA Estratégico da Indústria 2023-2032 – CNI**

O documento “MAPA Estratégico da Indústria 2023-2032: o caminho para a nova indústria” foi lançado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) em outubro de 2023. Segundo a CNI, trata-se de uma visão de longo prazo para o desenvolvimento e o crescimento da indústria brasileira, a partir da identificação dos principais fatores que afetam a sua competitividade. Esta é a quarta versão do Mapa, uma atualização do Mapa da Indústria 2018-2022, que teve como antecessores as versões 2013-2022 e 2007-2015. O Mapa 2023-2032 dialoga com a Nova Indústria Brasil e apresenta oito fatores-chave, interconectados, com temas prioritários, cada tema com descrições do problema, e possíveis soluções e benefícios.

- 1.** Ambiente de Negócios
- 2.** Ambiente Econômico
- 3.** Baixo Carbono e Recursos Naturais [descarbonização e economia circular]
- 4.** Comércio e Integração Internacional
- 5.** Desenvolvimento Humano e Trabalho
- 6.** Desenvolvimento Produtivo, Inovação e Tecnologia
- 7.** Educação
- 8.** Infraestrutura

Todos os fatores são importantes e de interesse geral da indústria brasileira, inclusive da indústria extrativa, por exemplo, o objetivo de aumentar o investimento público e privado em PD&I, em relação ao PIB, de 1,2% em 2020, para 1,8% em 2032, apesar de não ter mencionado a parte que caberá ao setor privado nessa meta (atualmente é a metade, mas nos países avançados o setor privado responde por 70-80%). O terceiro fator-chave abaixo apresenta uma relação mais aderente com os minerais estratégicos ou críticos:

Na questão da descarbonização, os objetivos são diminuir a emissão de GEE na indústria brasileira, considerando a consolidação de um sistema de mensuração e verificação de emissão; incentivar a indústria de transformação a aumentar a quantidade de empresas que realizam inventários de emissões de GEE, de 139, em 2022, para 170, em 2032; aumentar a eficiência energética e aumentar o uso de fontes renováveis de energia na indústria, de 62%, em 2022, para 75% em 2032. Na economia circular, dois objetivos propõem melhorar a eficiência no uso de recursos naturais e aumentar a recuperação de resíduos. Esses objetivos se relacionam indiretamente com os minerais estratégicos devido a estes serem os insumos produtivos industriais para efetivar parte dessas iniciativas. Como o Mapa da Indústria tem uma adesão mais evidente com a indústria de transformação, alguns objetivos e metas podem ser incorporados na agenda do setor de mineração, como o estímulo para que as mineradoras realizem inventários de emissão de GEE.

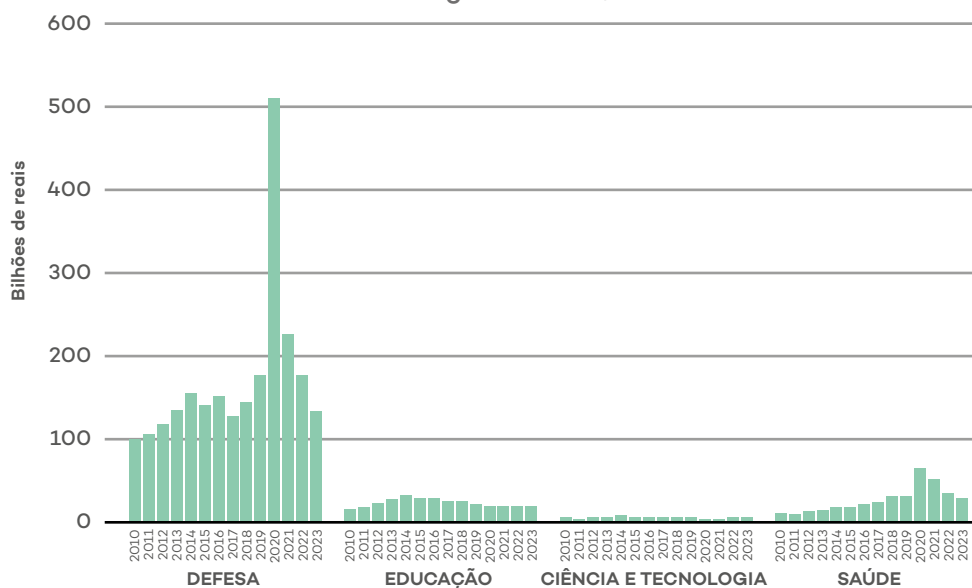


4.4 Defesa

No Brasil, o planejamento de defesa é norteado pela Política Nacional de Defesa (PND) e pela Estratégia Nacional de Defesa (END), ambos em processo de atualização. A END define três setores de importância estratégica: (i) o espacial, (ii) o cibernético e (ii) o nuclear.

O orçamento público dos últimos 20 anos revela que a defesa está entre os ministérios que mais recebe recursos financeiros, acima da pasta de educação. Em 2021 o Brasil foi o 16º país no ranking global de gastos militares, valor muitas vezes maior que os de países vizinhos na América do Sul¹⁷⁹ (Figura 48).

Figura 48: Orçamento público para os ministérios da Defesa, Educação, Ciência e Tecnologia e Saúde, desde 2010.



Fonte: Desenvolvido a partir de dados do SIPRO.

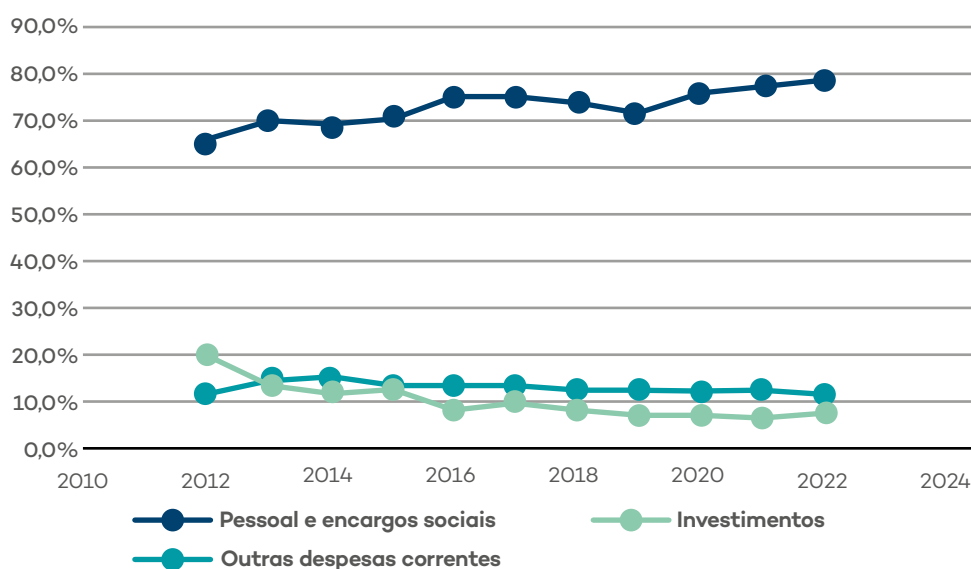
A defesa é um setor que depende muito do desenvolvimento científico e tecnológico. O ministério da defesa possui centros de excelência em educação, como o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA) e o Instituto Militar de Engenharia (IME). Outras instituições de pesquisa contribuem com o setor de defesa, como o INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial).

¹⁷⁹ https://www.sipri.org/sites/default/files/2023-04/2304_fs_milex_2022.pdf

No entanto, 78% do orçamento da defesa é destinado às despesas com o pessoal, muito pouco é destinado a investimentos e pesquisa (SIOP, 2023) (Figura 49). Portanto, além da questão de “quanto se destina à defesa”, impõem-se as questões de “como os recursos são distribuídos”, e “como é fomentada a base industrial do país”.

Posteriormente, essas imagens são utilizadas na cartografia, meteorologia, gestão de recursos naturais, análise do crescimento urbano, detecção de desastres naturais, desmatamentos e queimadas.

Figura 49: Principais despesas do Ministério da Defesa em % total.



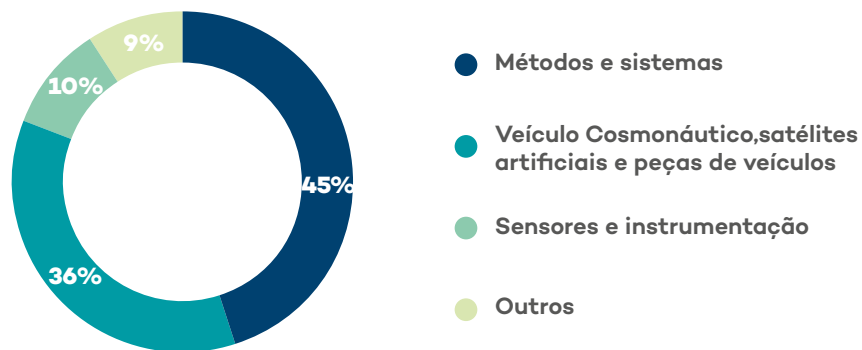
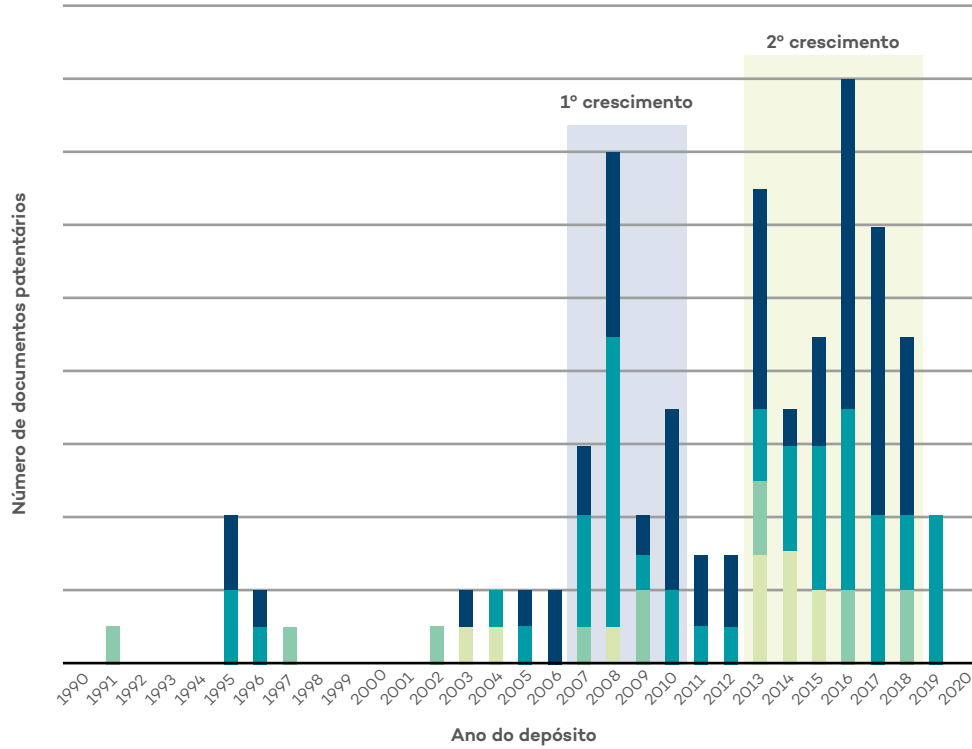
Fonte: Laudares e Freire, 2022 ¹⁸⁰, a partir de Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento (SIOP)¹⁸¹.

Em estudo para identificação de patentes relacionadas à tecnologia aeroespacial foi observado que as principais tecnologias aeroespaciais desenvolvidas e protegidas por patentes pelo Brasil até 2020 são: (i) métodos e sistemas (45%) e (ii) veículo cosmonáutico, satélites artificiais e peças de veículos (36%). Do total de patentes registradas, 62% foram depositados por Indústrias de Interesse da Defesa; e 32% de Instituições de Ensino e Pesquisa (Laudares e Freire, 2022).

¹⁸⁰ <https://revista.esg.br/index.php/revistadaesg/article/download/1286/1048/2736>

¹⁸¹ <https://www.siop.planejamento.gov.br/modulo/login/index.html#/>

Figura 50: Evolução de patentes de tecnologias aeroespaciais de instituições de pesquisa e de empresas brasileiras.

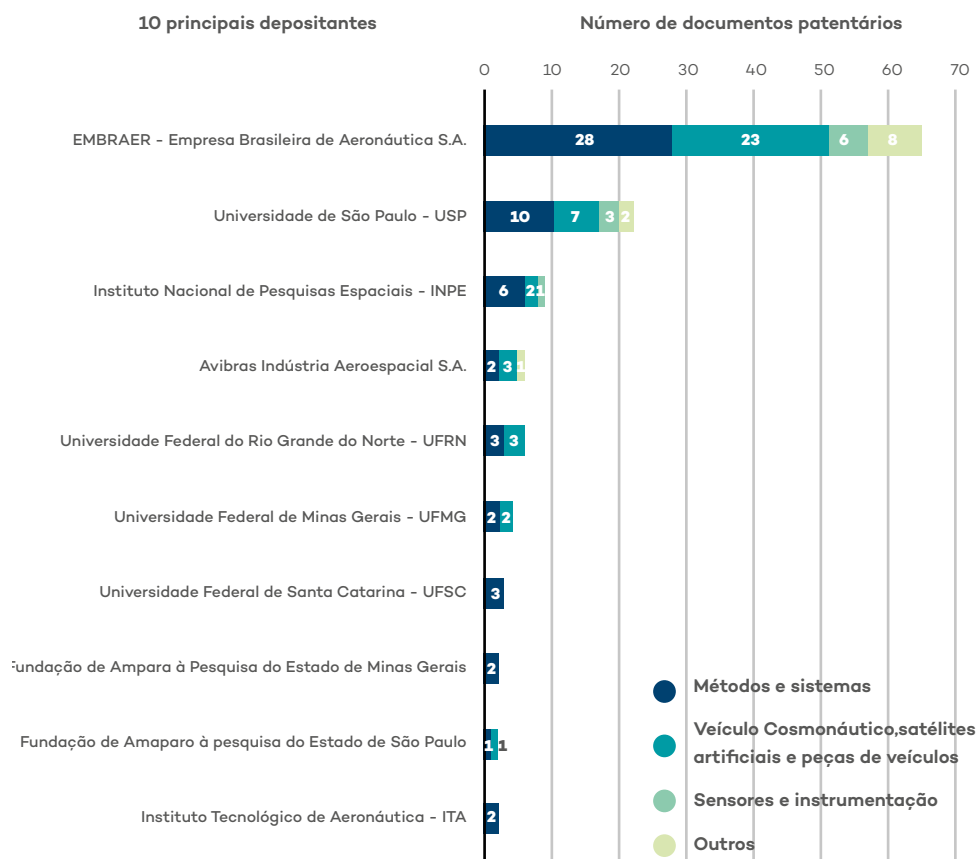


Fonte: Reis et al, 2021¹⁸², a partir de dados da Base Patentária de pesquisa no INPI¹⁸³ de 2020.

182 Reis, M. C. D., Wehmann, C. F., Martinez, M. E. M., & Reis, P. C. D. (2021). Mapeamento patentário sobre as tecnologias aeroespaciais das instituições de pesquisa e das empresas brasileiras. <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/42426/2528>

183 <https://busca.inpi.gov.br/pePl/servlet/LoginController?action=login>

Figura 51: Principais depositantes brasileiros de patentes relacionadas às tecnologias aeroespaciais.



Fonte: Reis et al, 2021, a partir de dados da Base Patentária de pesquisa no INPI de 2020.

O setor espacial é considerado estratégico pela END. Entre as tecnologias espaciais, os satélites e o sensoriamento remoto são úteis não somente na defesa, vigilância e controle de fronteiras, mas também para áreas como telecomunicações, levantamento e prospecção de recursos naturais, acompanhamento de alterações no meio ambiente, meteorologia e previsão do tempo e clima, combate a desastres naturais e agricultura.

No Brasil, existem 4 satélites que captam as imagens do território nacional, o Landsat -5 e -7, CBERS - 1, SPOT e NOAA - AVHRR, segundo informações do INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. A Agência Espacial Brasileira (AEB) tem dois projetos para satélites em andamento; (i) o Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS) e (ii) o projeto SABIA-Mar, em parceria com a Argentina. O satélite brasileiro do SABIA-Mar já está em desenvolvimento no Laboratório de Integração e Testes do INPE e deve ser lançado em 2026.

Entre os projetos e programas que utilizam o sensoriamento remoto podemos citar o Projeto SIVAM; o Projeto Mudança do Referencial Geodésico – PMRG/IBGE e o SISFRON – Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras.

A AEB elaborou um Planejamento Estratégico para o período de 2023 a 2026, com o propósito de fornecer uma estrutura para alinhar os objetivos institucionais com as políticas públicas do setor de espaço. Nesse sentido, visa a garantir que a tecnologia, os processos de trabalho, a inovação, sua infraestrutura e, principalmente, seus profissionais sejam o elo integrador que possibilite à AEB coordenar, de maneira eficiente e eficaz, o Programa Espacial Brasileiro (PEB).

As empresas privadas e estatais ligadas à pesquisa, desenvolvimento, produção, distribuição e manutenção de produtos estratégicos para a defesa fazem parte da Base Industrial de Defesa (BID). São 170 empresas, sendo 137 Empresas Estratégicas de Defesa (EED) e 1.160 como Produtos Estratégicos de Defesa (PED).

Figura 52: Tecnologia e aplicações espaciais.



Fonte: Programa Espacial Brasileiro¹⁸⁴

¹⁸⁴ <https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/politica-organizacoes-programa-e-projetos>

A maior parte das empresas da BID desenvolve produtos voltados para tecnologias naval e aeronáutica (70%), a minoria (10%) é voltada para as áreas nuclear e espacial e 20% das empresas desenvolve e produz equipamentos individuais, sistemas eletrônicos, armas e munições.

No cenário internacional, é indiscutível o domínio da China em pesquisas de alto impacto em tecnologias relacionadas à defesa, espaço e segurança. Vale ressaltar na interseção de seis tecnologias mais importantes nos setores de defesa, espacial e robótica, em que a China tem a liderança mais marcante em quatro específicas as quais estão sobre o seu nítido domínio, atualmente: motores avançados de aeronaves (incluindo hipersônicos); capacidade de inteligência futura; AI; e drones.

Uma pesquisa foi divulgada no site *Critical Technology Tracker* (<https://techtracker.aspi.org.au/>) da ASPI que fornece ao público um rico conjunto de dados para rastrear 44 tecnologias fundamentais relacionadas à economia, sociedade, segurança nacional, produção de energia, saúde e segurança climática. Tanto o site quanto o relatório facultam aos decisores uma nova base de dados para tornar as políticas mais informadas e decisões de investimento. Uma lista dessas 44 tecnologias, incluindo definições que podem ser ali acessadas.

Vale ressaltar que, além das seis tecnologias listadas, muitas outras das 44 tecnologias cobertas no Rastreador de tecnologias críticas (*Critical Technology Tracker*) têm aplicações militares e de segurança óbvias e menos óbvias, que vão desde materiais avançados (como revestimentos) para análise avançada de dados.

Tabela 22: Tecnologias, países líderes e risco de monopólio

TECNOLOGIA	PAÍS LÍDER NA TECNOLOGIA	RISCO DE MONOPÓLIO TECNOLÓGICO
Materiais avançados e fabricação		
Materiais e fabricação em nanoescala	China	alto
Revestimentos	China	alto
Materiais inteligentes	China	médio
Materiais compósitos avançados	China	médio
Novos metamateriais	China	médio
Alta-especificação de processos de usinagem	China	médio
Explosivos avançados e materiais energéticos	China	médio

TECNOLOGIA	PAÍS LÍDER NA TECNOLOGIA	RISCO DE MONOPÓLIO TECNOLÓGICO
Materiais avançados e fabricação		
Extração e processamento de minerais críticos	China	baixo
Ímãs e supercondutores avançados	China	baixo
Proteção avançada	China	baixo
Síntese química contínua	China	baixo
Fabricação aditiva (incluindo impressão 3D)	China	baixo
Inteligência artificial, computação e comunicações		
Comunicações avançadas (5G e 6G)d	China	alto
Comunicações ópticas avançadas	China	médio
Algoritmos de IA e aceleradores de <i>hardware</i>	China	médio
Razões distribuídas	China	médio
Análise avançada de dados	China	médio
Aprendizado de máquina (incluindo redes neurais e aprendizado profundo)	China	baixo
Tecnologias protetoras de cibersegurança	China	baixo
computação de desempenho	EUA	baixo
Projeto e fabricação avançada de circuitos integrados	EUA	baixo
Processamento de linguagem natural (incluindo reconhecimento e análise de fala e texto)	EUA	baixo
Defesa, espaço, robótica		
Motores avançados de aeronaves (incl. hipersônicos)	China	médio
Pequenos satélites	EUA	Baixo
Tecnologia de operação de sistemas autônomos	China	baixo
Drones e robôs colaborativos	China	médio
Robótica avançada	China	baixo
Sistemas de lançamento espacial	EUA	baixo

Fonte: Adaptado de Gaida *et al.*, 2023¹⁸⁵

185 Gaida, J., Wong-Leung, J., Robin, S., & Cave, D. (2023). ASPI's Critical Technology Tracker: The global race for future power. https://ad-aspi.s3.ap-southeast-2.amazonaws.com/2023-08/ASPIs%20Critical%20Technology%20Tracker.pdf?VersionId=nVmWySgLSX2FMaS1UuQVgQvvd_W427G



Minerais críticos – como o lítio, o níquel e o silício – são essenciais para a fabricação de tecnologias e materiais avançados utilizados no setor aeroespacial e de defesa (A&D).

- Elementos de terras raras (REEs) são necessários para produzir ligas fortes usadas em motores de aeronaves e mísseis.
- Lítio é necessário para produzir baterias leves e de alto desempenho usadas em aeronaves não tripuladas e satélites.
- Silício é usado para criar semicondutores que são parte integrante de sistemas eletrônicos, como sistemas de navegação, comunicação e controle de voo.
- Metais do grupo da platina são utilizados na fabricação de motores de foguetes e outras tecnologias espaciais.
- Urânio utilizado principalmente como combustível para reatores nucleares para geração de energia elétrica; também utilizado na medicina.

À medida em que aumenta a demanda de minerais críticos para a construção das infraestruturas necessárias à transição energética, o acesso aos mesmos para outros usos, como o setor de defesa torna-se menos garantido, pois as cadeias de abastecimento tornam-se mais complexas e voláteis.

Em agosto de 2022, o Governo Federal aprovou o Decreto 11.169, que instituiu a Política Nacional da Base Industrial de Defesa, destinado a orientar a atuação do Poder Executivo (não exclusivamente do MD e de suas Forças Armadas) no fortalecimento do setor produtivo de bens e serviços na área da Defesa Nacional, procurando estimular a competitividade e a autonomia em tecnologias estratégicas, com participação das áreas de ciência, tecnologia e inovação, promoção e inteligência comerciais, financiamento e garantias, tributação e orçamento.

O minério de urânio caracteriza-se como uma concentração natural de minerais na qual o urânio se encontra presente em condições teores que permitam o seu aproveitamento econômico. No Brasil, o urânio é considerado estratégico, sendo caracterizado como monopólio controlado pela União por definição constitucional.

O Programa Nuclear Brasileiro foi criado na busca por autonomia energética, durante a primeira “crise do petróleo” de 1973, quando destinou grandes investimentos à prospecção, pesquisa, desenvolvimento de métodos e técnicas de trabalho e lavra de urânio. O país possui duas usinas termoeletricas nucleares em operação Angra I e Angra II, com potencial de geração de 2 mil megawatts. Em 2020 a Unidade de Caetité (BA) das Indústrias Nucleares Brasileiras – INB, retomou a produção de urânio a partir da Mina do Engenho, após cinco anos suspensa. O Brasil é detentor de toda a tecnologia e para a produção concentrado de urânio ou Yellowcake (U3O8) e possui a sexta maior reserva mundial de urânio. De acordo com a Associação Brasileira para o Desenvolvimento das Atividades Nucleares (ABDAN, 2022)¹⁸⁶, o país consegue suprir apenas 40% da demanda de Angra 1 (640MW), dependendo da importação a partir da estatal Russa Rosatom.

Em dezembro de 2022 foi aprovada a Lei Nº 14.514, que traz duas alterações para o setor minerário do urânio: (i) a possibilidade de constituição de ônus sobre alvarás de pesquisa e (ii) um novo conjunto de normas aplicáveis à pesquisa, lavra e comercialização de substâncias, minérios e minerais nucleares. A nova lei incentiva a entrada de capital privado na pesquisa, a lavra e a comercialização de minérios nucleares, de seus concentrados e derivados, e de materiais nucleares. Uma vez que dispõe sobre formas de remuneração que a INB poderá utilizar nas parcerias firmadas com empresas privadas. Apesar da permissão, o texto mantém o monopólio da atividade com as Indústrias Nucleares do Brasil S.A. (INB).

186 <https://abdan.org.br/2022/12/14/iniciativa-privada-na-extracao-de-uranio-pode-tornar-brasil-autossuficiente/>

4.5 Roadmap tecnológico da cadeia de valor

A estruturação do programa de governo Nova Indústria Brasil (NIB) e a reforma tributária em curso refletem o movimento para a estruturação de políticas públicas para responder às oportunidades que se apresentam para a exploração, produção e negociação de MCE. A estruturação do *roadmap* tecnológico considera a importância econômica do mineral, sua aplicação em produtos de potencial tecnológico e a perspectiva de aumento mundial de demanda, considerando as estratégias do setor frente aos direcionares apresentados anteriormente. Cada mineral possui especificidades na cadeia de valor e as estratégias serão consolidadas a partir de critérios específicos para garantia de fornecimento de produtos minerais com o alto grau de pureza demandado pelas recentes tecnologias para a descarbonização da economia.

Os dados que compõem os valores negociados no Brasil (importação e exportação) dos minerais e substâncias definidas como estratégicas ou críticas para o *roadmap* foram levantados a partir da plataforma Comexmin da Agência Nacional de Mineração (ANM). A plataforma correlaciona os volumes negociados à classificação nacional de atividades econômicas, sendo esta a classificação oficialmente adotada pelo Sistema Estatístico Nacional na produção de estatísticas (CNAE/CONCLA/IBGE), por tipo de atividade econômica, na identificação da atividade econômica em cadastros e registros de pessoa jurídica. Com a harmonização da plataforma, é possível separar os dados de comércio exterior por etapa do processo produtivo. Isto permite perceber a maturidade da cadeia do setor. Para o exercício de análise que alcance a maturidade das empresas e da produção nacional, a cadeia produtiva das substâncias e minerais foram divididas em: extração, produção de básicos, produção de semimanufaturados, produção de bens minerais manufaturados e reciclagem.

Os materiais críticos e estratégicos priorizados neste estudo foram: lítio, níquel, cobre, nióbio, cobalto e alumínio. Embora outras substâncias tenham feito parte do exercício do *roadmap*, a exemplo da grafita, do ouro e do potássio, o estudo permitiu verificar se as cadeias de valor de fato refletem a maturidade do setor para cada substância, além de apontar as lacunas e possíveis demandas para a política industrial brasileira.

As ressalvas à base de dados da ANM se dão pelo alcance e pela carência dos dados de produção nacional. Não existem dados atualizados sobre a reciclagem e uso de materiais secundários, tendo sido levantados dados internacionais da base de comércio exterior das Nações Unidas (Comtrade) para complementar a análise. Vale destacar que mesmo os dados do

Comtrade são falhos no que diz respeito aos códigos de resíduos. Muitos materiais vendidos como sucatas são classificados com a mesma codificação dos materiais primários, o que impede a análise de fluxos comerciais existentes e volumes negociados.

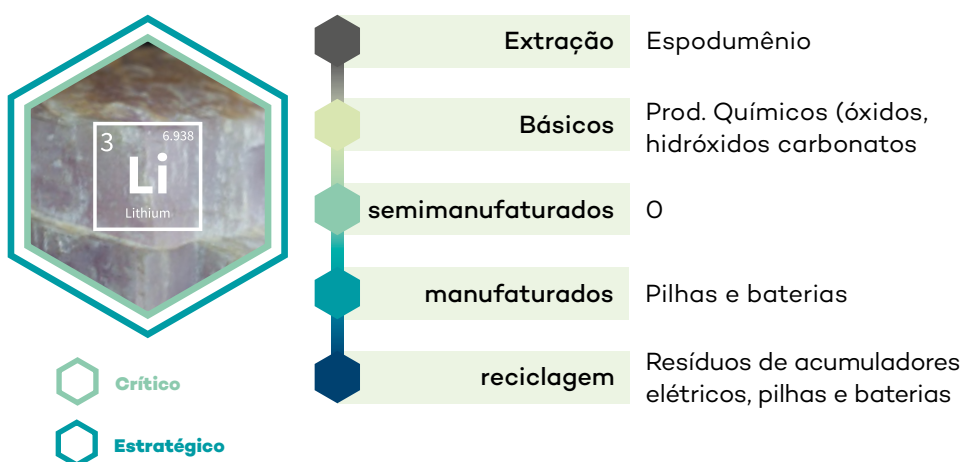
A incorporação de dados de produção mineral bruta e beneficiada segmentada por material possibilitaria completar a cadeia produtiva e estimar com maior precisão os dados de consumo interno a nível de substância. Para a estruturação da cadeia de valor, foram utilizadas as informações de Comércio Exterior da Receita Federal (Comexstat). Por isso, os dados retratam apenas o que é exportado e importado para cada etapa.

Segundo o Núcleo de Inteligência Regulatória da ANM, responsável pelo desenvolvimento e revisão da plataforma Comexmin, faltam recursos para a manutenção da base e para concluir a correlação com dados de Produção Industrial Nacional (PIA/IBGE), evidenciando uma importante lacuna da pesquisa nacional e a necessidade de avançar na destinação dos *royalties* da mineração para este fim. Desta forma, a partir dos dados disponibilizados, foram analisados os seis materiais prioritários.

4.5.1 Cadeia de valor dos materiais estratégicos e críticos

A seguir são apresentadas as fichas de análise dos materiais críticos e estratégicos analisados neste *roadmap* em razão dos dados de exportação e importação para cada etapa da cadeia de valor

LÍCIO - CADEIA DE VALOR E DADOS DE EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO



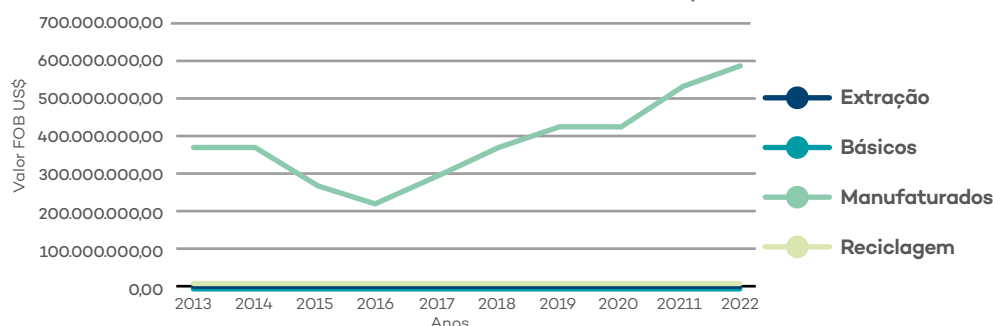
A segurança do fornecimento de lítio tornou-se uma prioridade máxima para empresas de tecnologia na Ásia, Europa e América do Norte, componente principal da composição das baterias para a eletrificação da mobilidade.¹⁸⁷ A atual configuração do mercado posiciona o lítio como mineral estratégico e crítico. Novas tecnologias que venham a tornar o lítio substituível podem vir a reduzir a condição de criticidade e impactar a condição estratégica caso a demanda venha a diminuir. A expectativa de aplicação em materiais eficientes com a formulação combinada com o nióbio, por exemplo, não compromete ou substitui a demanda atual pelo lítio.

Na América do Sul encontra-se o triângulo do lítio, formado pelos países Bolívia, Chile e Argentina, com reservas significativas do mineral. A Austrália, por sua vez é responsável pela produção de 53% do lítio mundial. O Brasil, possui os depósitos naturais de lítio em rochas, enquanto Chile, Argentina e Bolívia possuem reservas em salares. As rochas resultam em uma vantagem competitiva em relação ao custo e viabilidade da exploração, incluindo a redução da demanda de água no processo.

A cadeia de valor do lítio brasileiro é pouco madura e inexistem dados de produção para a etapa dos semimanufaturados. Apesar disso, o Brasil é tido como um dos grandes fornecedores mundiais de lítio no futuro vindo do distrito geológico do lítio no Vale do Jequitinhonha.

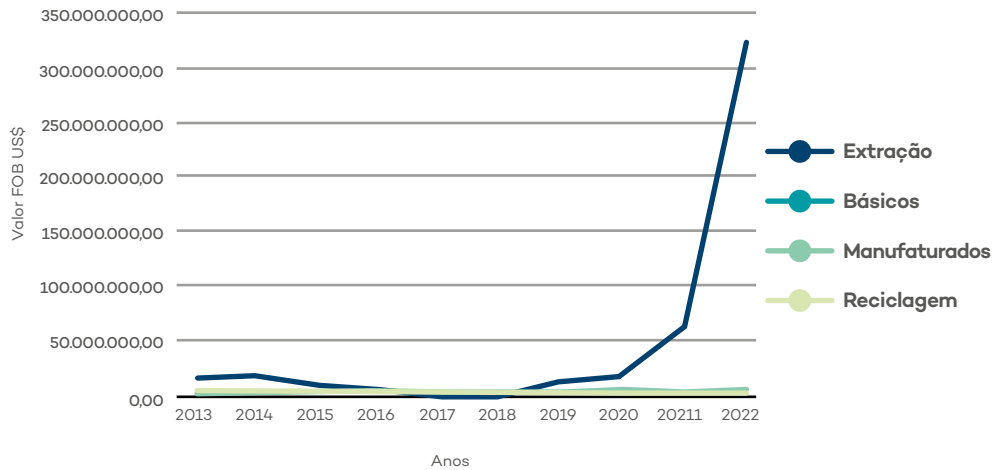
Os dados de Comércio Exterior da AMN (Figuras 53 e 54) apontam para um crescimento da importação de manufaturados a partir de 2016, impulsionado pelas baterias e a exportação na mineração a partir de 2021, com a corrida pela produção de Lítio no Vale do Jequitinhonha. Mas as exportações ainda representam a metade do valor de importação de manufaturados.

Figura 53: Importação de lítio por etapa da cadeia de valor, dados em valor total FOB US\$.



187 <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023-lithium.pdf>

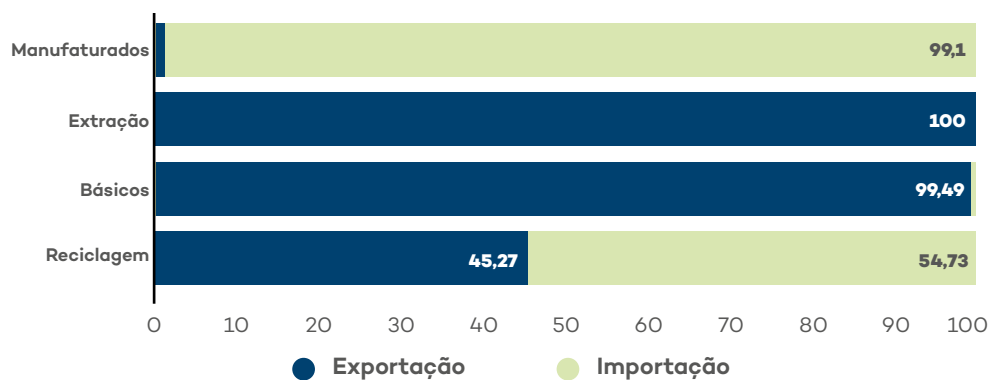
Figura 54: Exportação de lítio por etapa da cadeia de valor, dados em valor total FOB US\$.



A fim de demonstrar a relevância da cadeia de reciclagem, foram levantados os dados de exportação e de importação, a partir da relação entre o valor FOB (US\$) e o Kg líquido para o ano de 2022, gerando o Gráfico abaixo. O gráfico demonstra a preponderância da exportação nas etapas da extração e produção de básicos em relação à importação de manufaturados. Também permite vislumbrar que o Brasil importa materiais reciclados e que estes, apesar de ainda serem pouco representativos no comércio exterior, possuem um alto valor por Kg negociado.

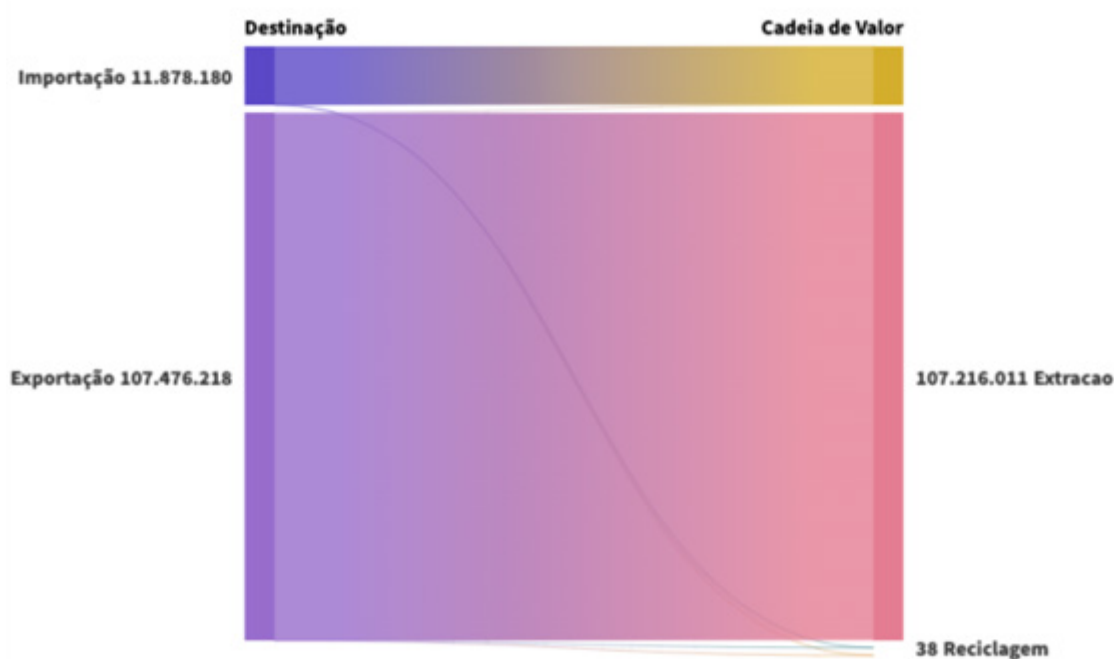
Para a alta direção da Companhia Brasileira de Lítio (CBL), a concorrência maior da matéria prima primária será sua fonte secundária, obtida por meio da reciclagem, em função da facilidade de seu reprocessamento.

Figura 55: Volume negociado no ano de 2022 valores FOB (US\$/Kg).



O diagrama de fluxo de materiais (Figura 56) representa o volume negociado (em Kg) discriminado para cada etapa da cadeia no ano de 2022, sendo separados entre extração, básicos, manufaturados e reciclagem. Cerca de 99,7% do volume exportado em 2022 (em Kg) se deu na etapa da extração, prioritariamente, do concentrado de espodumênio (NCM 25309010).

Figura 56: Volumes comercializados no Brasil em 2022 – Lítio (kg).



Os fluxos de importação e exportação do lítio a partir do Brasil evidenciam um volume equivalente menos de 10% de importação e maior parte sendo exportado. Em maior parte, na forma de concentrado. Um volume ínfimo de 38 quilos, equivalente a reciclagem, já aponta para os negócios baseados em circularidade implantados no país. A empresa Energy Source atua no país com a recuperação de lítio e outros materiais como fontes secundárias, comercializando no país e no exterior.

A Companhia Brasileira do Lítio (CBL) possui capacidade para produzir 45 mil toneladas anuais de lítio¹⁸⁸. De acordo com Braga e França (2013), os principais produtos do lítio são carbonato, hidróxido, cloreto, especialidades inorgânicas, metal e organolítio. As principais aplicações encontradas para

¹⁸⁸ <https://www.cblitio.com.br/nossas-operacoes>



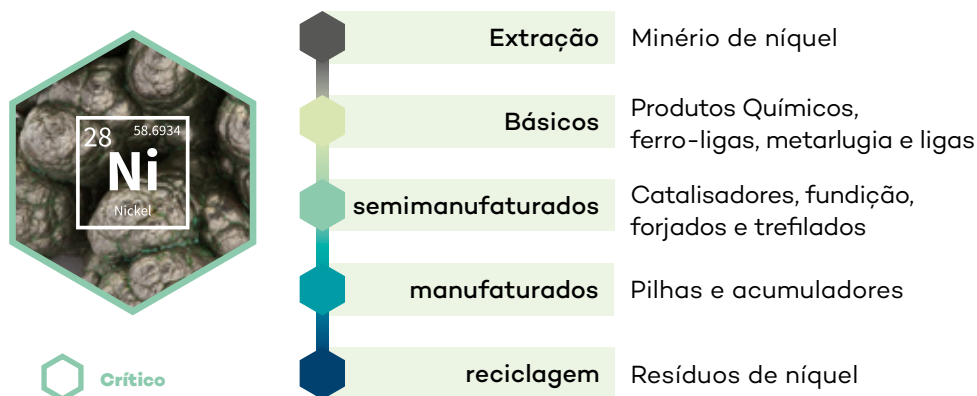
os produtos são na produção de graxas e lubrificantes, condicionadores de ar e tratamento de ar, na eletrólise do alumínio, nos precursores de baterias e acumuladores, em cerâmicas, fritas e vidros, indústria farmacêutica, borracha e plásticos. A empresa pioneira na exportação de lítio detinha reserva de mercado até a publicação do Decreto nº 11.110 de 2022 que permitiu operações de comércio exterior para o lítio.

As baterias LFP, com alta densidade energética tem sido preferência no processo de eletrificação automotiva. No entanto, recente projeto da BYD utilizou o sódio como potencial substituto para o lítio, com maior eficiência e menor custo na produção dos precursores da bateria. A empresa BYD produziu mais de 1,8 milhão de veículos elétricos em 2022¹⁸⁹ se destacando no setor e utilizando baterias a base de lítio. Essa a mesma empresa investiu na fabricação de baterias a base de sódio em parceria com a empresa CATL produzindo os primeiros veículos em 2023, com uma importante vantagem competitiva uma vez que o sódio possui propriedades semelhantes, é mais abundante e com menor custo. Além disso, apresenta a vantagem de poder conviver com eletrodos a base de ferro e manganês que, diferentemente do cobre e níquel para baterias a lítio, apresentam disponibilidade e melhor custo¹⁹⁰.

189 <https://www.byd.com.br/byd-supera-marca-de-18-milhao-de-unidades-vendidas-globalmente-em-2022-e-cresce-mais-de-150/>

190 <https://www.economist.com/leaders/2023/10/26/sodium-batteries-offer-an-alternative-to-tricky-lithium>

NÍQUEL - CADEIA DE VALOR E DADOS DE EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO



A Vale é a segunda maior produtora de níquel do mundo, atrás apenas da empresa russa Norilsk, impactada pela guerra na Ucrânia. A cadeia do níquel é madura e bem estruturada no Brasil. Os dados de Comércio Exterior da AMN apontam para o peso maior de valores negociados, tanto importação quanto exportação, para a etapa de produção de básicos (produção de químicos, metalurgia, ferro-ligas e ligas), conforme observado nas Figuras a seguir.

Figura 57: Importação de níquel por etapa da cadeia de valor, dados em valor total FOB US\$.

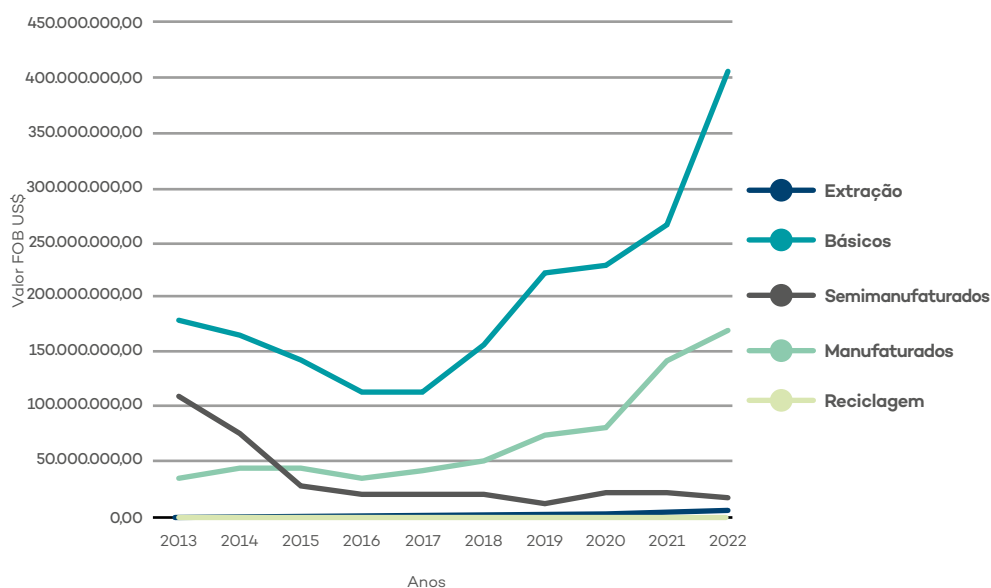
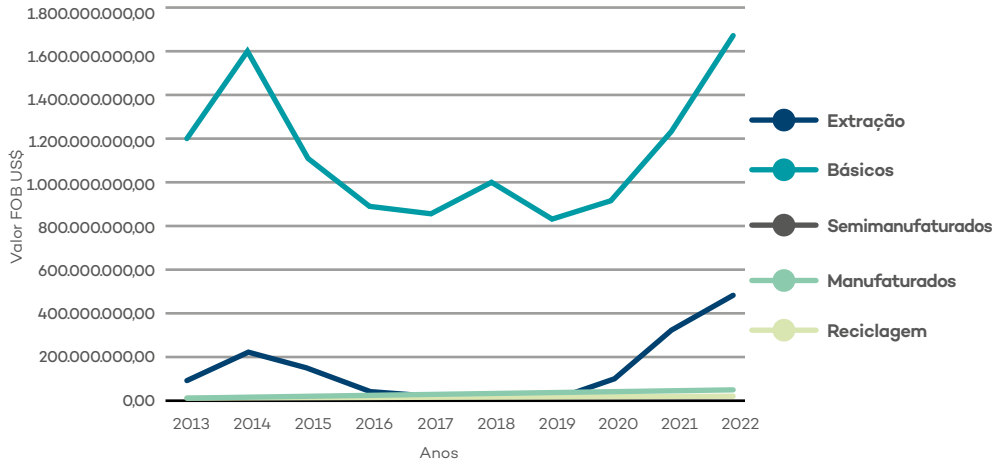
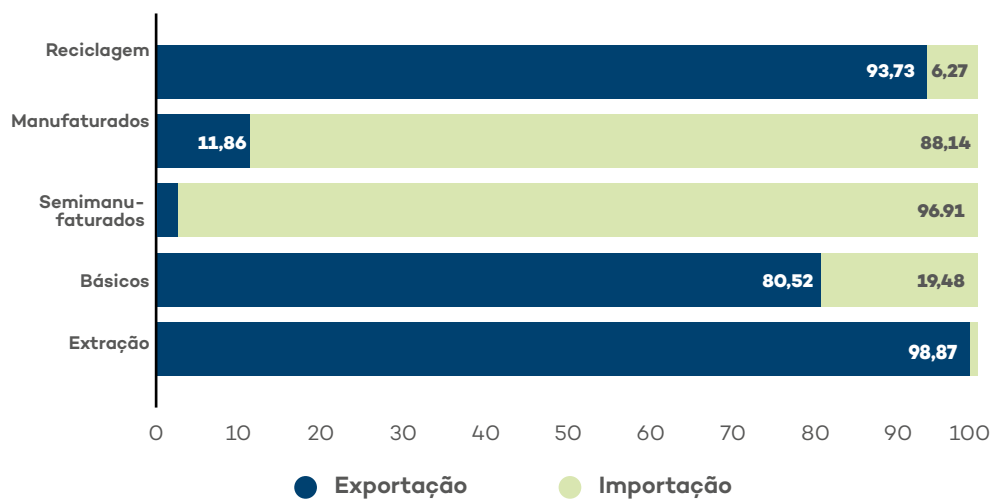


Figura 58: Exportação de níquel por etapa da cadeia de valor, dados em valor total FOB US\$.



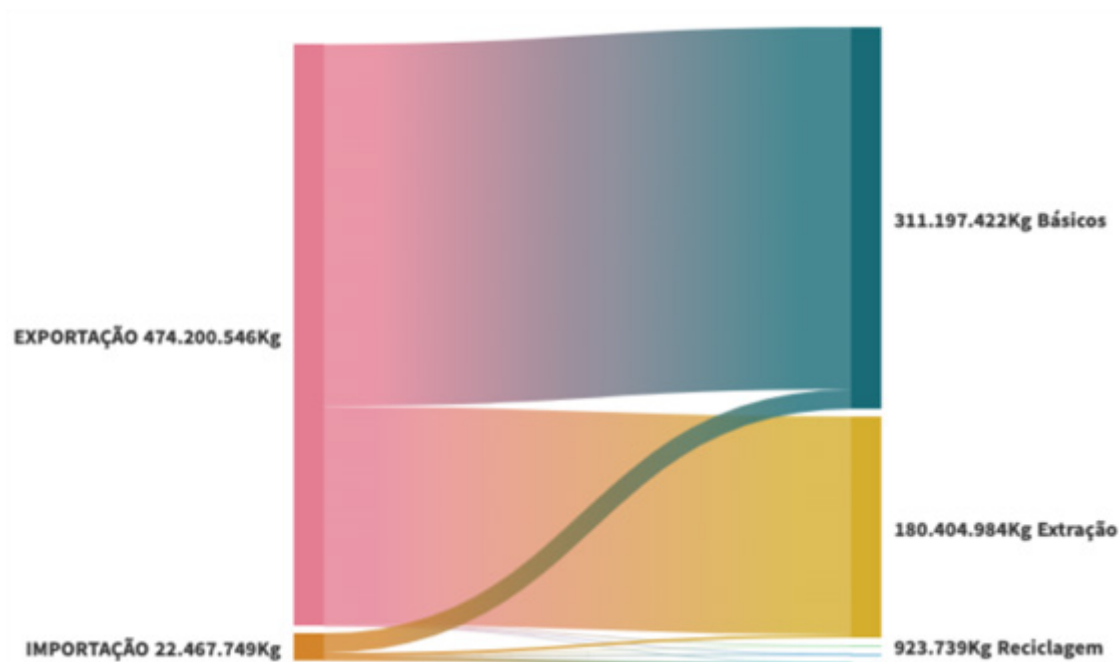
O gráfico elaborado a partir do percentual do valor FOB (US\$) e o volume (Kg) negociado, no ano de 2022, segundo as etapas da cadeia de valor do níquel, demonstra o peso da extração e da produção de básicos no percentual do valor negociado em 2022 e a dependência de importação de manufaturados. Também que os resíduos de níquel exportados, apesar do baixo valor com relação ao valor alcançado nas demais etapas da cadeia, quando comparado por Kg, já se torna um recurso com boas perspectivas para o mercado.

Figura 59: Volume negociado no ano de 2022 (FOB US\$/Kg)

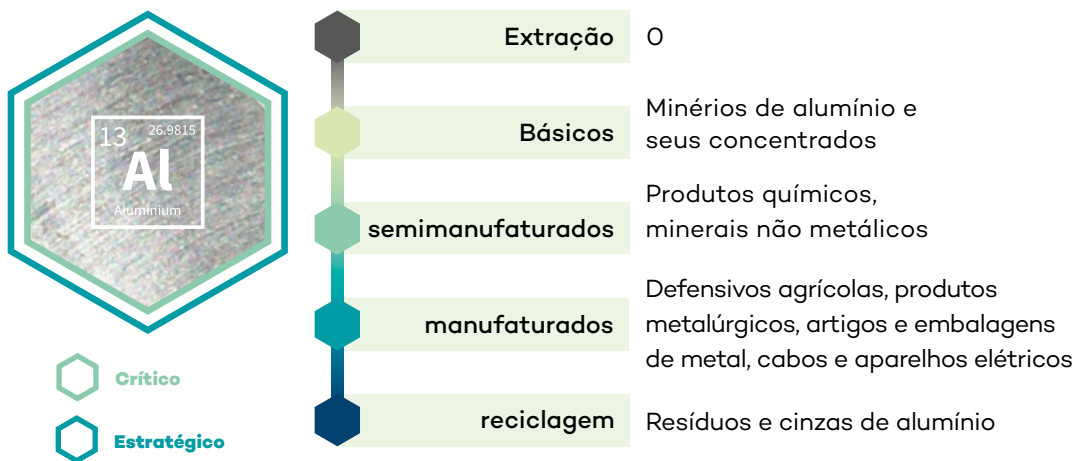


O níquel reciclado vem sendo largamente utilizado na siderurgia (sucatas e aparas), dando origem ao níquel secundário ou sucata de níquel. Apesar de sua relevância, a dificuldade de quantificação dos dados se dá pela carência de códigos específicos para a comercialização de resíduos.

Figura 60: Volumes comercializados no Brasil em 2022 – Níquel (kg).



ALUMÍNIO - CADEIA DE VALOR E DADOS DE EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO



O alumínio é o segundo elemento metálico mais abundante na crosta terrestre, após o silício. É produzido a partir do mineral bauxita. Cerca de 85% da produção de bauxita é utilizada na produção de alumina por meio do processo Bayer de refino, como base para a produção de alumínio metálico a partir da redução eletrolítica da alumina (USGS, 2023).

O alumínio tem sido recuperado por meio de processos de reciclagem desde 1990, e o Brasil se destaca como líder mundial. Em 2021 foram recicladas mais de 409 mil toneladas de latas de alumínio foram coletadas e recicladas, representando 98,7% das embalagens comercializadas no país naquele ano. Estima-se que para cada quilo de latas de alumínio reciclado corresponde a cinco quilos de bauxita que deixam de ser explorados, o que representaria mais de 2 milhões de toneladas de bauxita que deixaram de ser exploradas para a produção de alumínio no Brasil em 2021, representando ainda uma redução em 70% do consumo de energia, 65% no consumo de água e 70% na redução das emissões (MMA, 2021).

A entidade gestora Recicla Latas, criada em 2021 a partir da iniciativa da Associação Brasileira do Alumínio (Abal) e a Associação dos Fabricantes de Latas de Alumínio (Abralatas), tem como responsabilidade operacionalizar a reciclagem do alumínio no Brasil (Recicla Latas, 2021). A entidade é presidida por representante da Novelis/Alcan, empresa líder em laminação e reciclagem de alumínio. O setor produtivo do alumínio brasileiro se beneficia da matriz energética limpa, posicionando os produtos como verdes. No entanto, as empresas do setor não praticam preços diferenciados por esta característica. A vantagem competitiva se apresenta com a taxação internacional dos produtos que não possuem comprovação da mitigação da emissão de carbono ao longo da cadeia de valor.

A Companhia Brasileira do Alumínio (CBA), empresa do grupo Votorantim, lançou em 2022¹⁹¹ o selo do alumínio de baixo carbono (Alennium), com metodologia do GHG Protocol, atestando por terceira parte que o alumínio é produzido a partir de fontes 100% renováveis e com emissão de 2,56 tCO₂e/t de alumínio produzido. Comparativamente, a média mundial é de 12,8t CO₂e/t de alumínio.

Figura 61: Exportação de alumínio por etapa da cadeia de valor, dados em valor total FOB US\$.

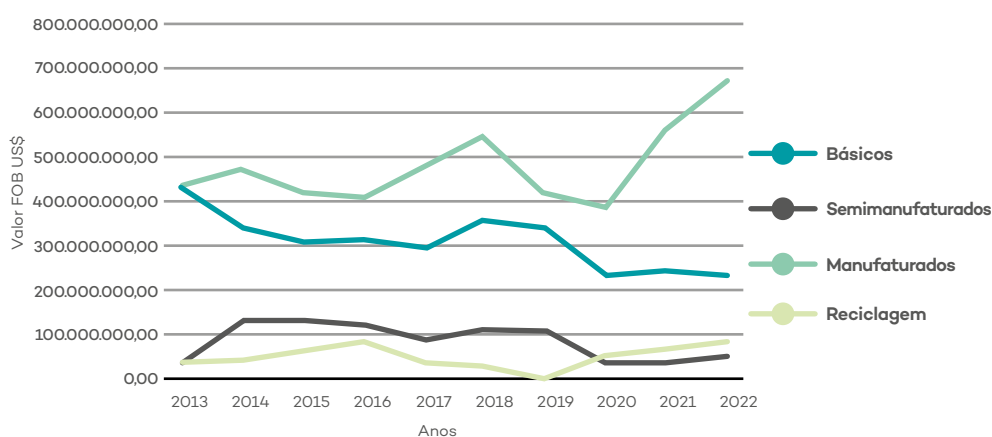
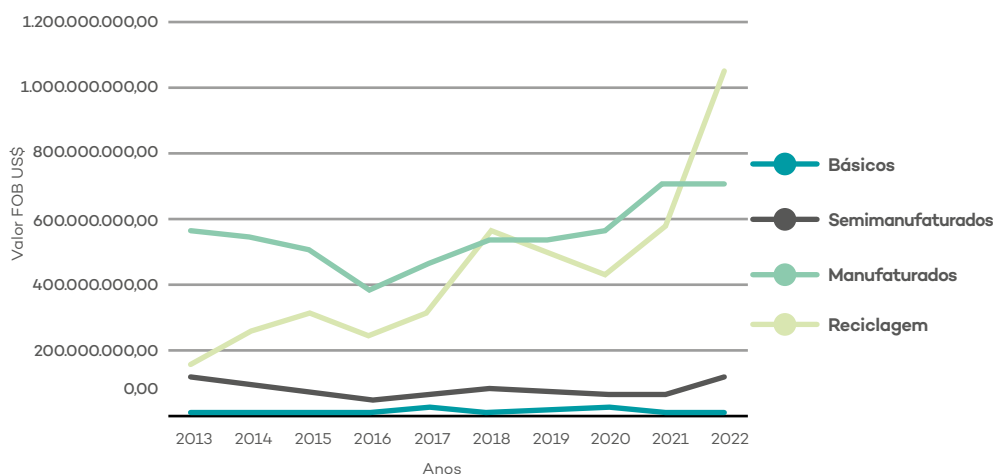


Figura 62: Importação de alumínio por etapa da cadeia de valor, dados em valor total FOB US\$.



191 <https://www.cba.com.br/cba-lanca-selo-do-aluminio-de-baixo-carbono-e-passaporte-digital-que-reforcama-transparencia-de-seus-processos-sustentaveis/>

Figura 63: Volume negociado no ano de 2022 FOB (US\$/Kg).

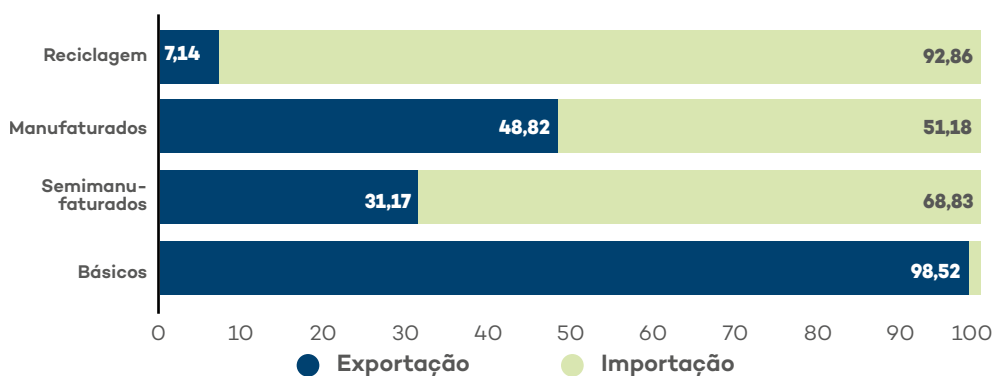
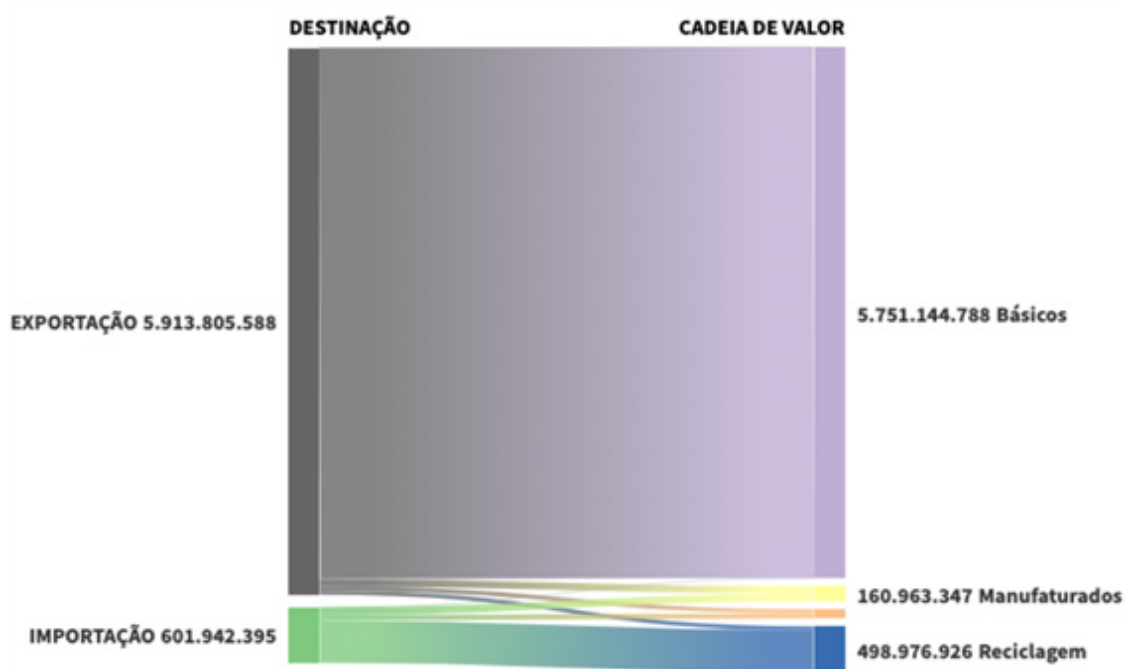
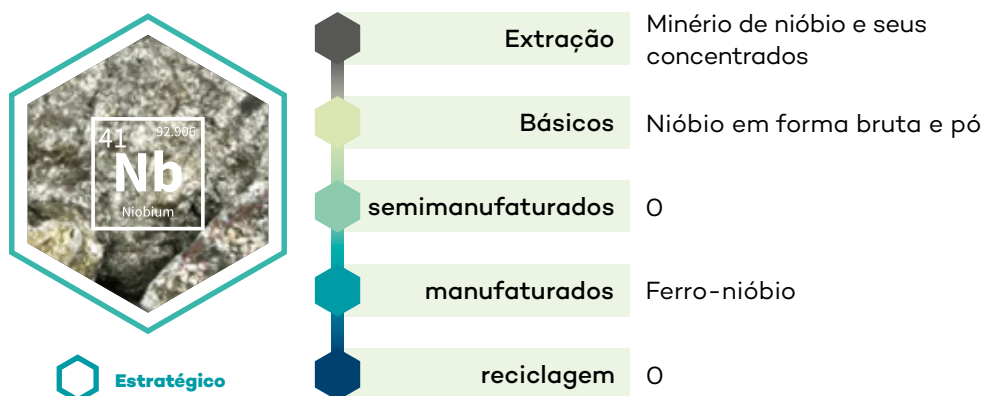


Figura 64: Volumes comercializados no Brasil em 2022 – Alumínio (kg).



NIÓBIO - CADEIA DE VALOR E DADOS DE EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO



Metal com capacidade de conferir resistência às ligas metálicas, com aplicações na indústria automobilística, naval, construção civil, petroquímica, além de superligas e implantes médicos. A partir do mineral pirocloro pode-se produzir ferronióbio, óxidos de nióbio e nióbio metálico.

A CBMM encontra-se em posição de destaque na exploração e produção mineral em relação ao cenário mundial de ferronióbio (Silveira e Resende, 2020). Embora a dotação mineral de nióbio no Brasil seja significativa, o mercado ainda é pequeno. A CBMM possui capacidade produtiva superior à demanda mundial. Por isso, o desenvolvimento de aplicações para o nióbio é fundamental.

No que diz respeito à sua cadeia de valor, os dados relativos às etapas de extração e produção de básicos são inconsistentes para permitir uma análise mais aprofundada. Isto porque o Nióbio não aparece como substância única, seja nas classificações do Sistema Harmonizado Internacional (Sistema HS), seja na nomenclatura Comum do Mercosul (NCM).

A tabela a seguir demonstra a dificuldade de mensurar os dados de produção nacional a partir de sua cadeia de valor:



Tabela 23: Matriz de correlação entre as divisões do Código Nacional de Atividades Industriais (CNAE) e a Classificação da substância mineral a partir da Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM).

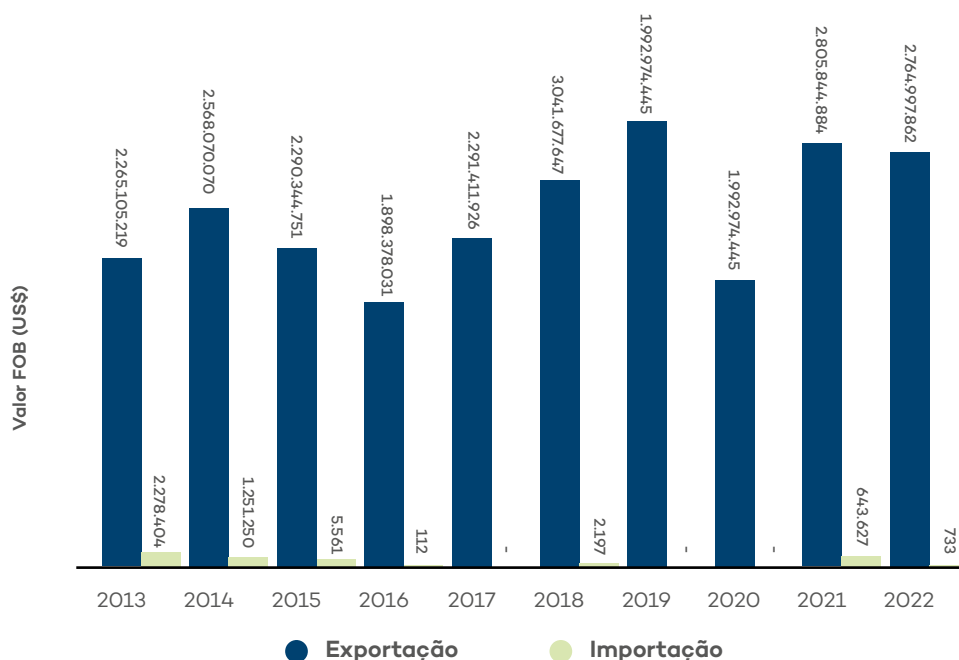
Matriz de correlação	Divisão/ classificação	Descrição da divisão / classificação	Etapa
divisão CNAE	7	EXTRAÇÃO DE MINERAIS METÁLICOS	
Divisão CNAE	07.2	Extração de minerais metálicos não ferrosos	
Divisão CNAE	07.29-4	Extração de minerais metálicos não ferrosos não especificados anteriormente	
Classificação NCM	26159000	Minérios de nióbio, tântalo ou vanádio, seus concentrados	Extração
Divisão CNAE	24	METALURGIA	
Divisão CNAE	24.1	Produção de ferro-gusa e de ferroligas	
Divisão CNAE	24.12-1	Produção de ferroligas	
Classificação NCM	72029300	Ferro-nióbio	Manufaturados
Divisão CNAE	24.4	Metalurgia dos metais não ferrosos	
Divisão CNAE	24.49-1	Metalurgia dos metais não ferrosos e suas ligas não especificados anteriormente	
Classificação NCM	81129200	Gálio, nióbio, etc, em formas brutas; desperdícios e resíduos; pós	Básicos/ Reciclagem
Classificação NCM	81129900	Obras de gálio, hafnio, índio, nióbio, renio e tálio	Manufaturados

Fonte: Plataforma Comexmin, 2022.

Na tabela 23, acima, os dados relativos às etapas de extração, produção de básicos e mesmo a produção de manufaturados aparecem agregados a outras substâncias minerais, como o gálio, o tântalo, o vanádio, o índio. Impedindo a classificação da cadeia de valor da substância Nióbio.

A produção de Ferro Nióbio, dada a sua expressão e volume, é o único dado que aparece desagregado. Ao convencená-lo como a produção mineral nacional, e denominá-lo como etapa de manufatura, teremos os seguintes volumes negociados.

Figura 65: Valores Totais de FeNb por ano (FOB US\$).

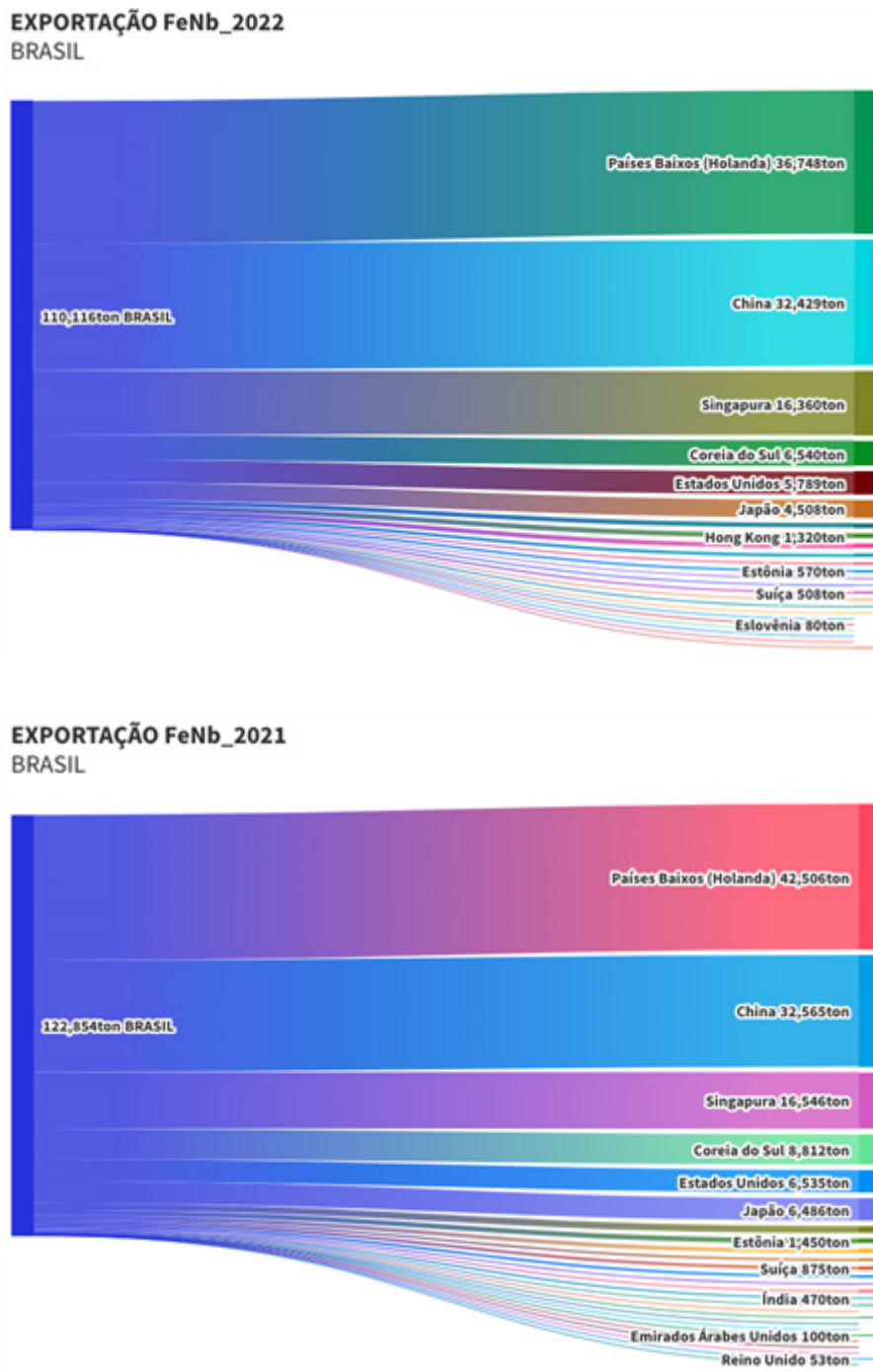


Fonte: ComexStat, 2023.

As figuras 65 e 66 demonstram a expressividade do FeNb enquanto “produto” da cadeia de valor do Nióbio. Em 2022 foram exportadas cerca de 110 mil toneladas e uma receita de 2,7 bilhões de dólares (valor FOB). As importações são pouco expressivas, demonstrando que o ferro nióbio é um importante produto nacional.

Uma breve análise de fluxo de exportação do Ferro-Nióbio para os anos de 2021 e 2022 apontam como principais destinos das exportações de FeNb: Países Baixos, China, Singapura, Coréia do Sul, Estados Unidos e Japão.

Figura 66: Volumes exportados de FeNb a partir do Brasil em 2021 e 2022 (em ton.). Fonte: ComexStat, 2023.



A mina de Araxá da CBMM tem reserva estimada em 800 milhões de toneladas. Estima-se uma demanda global de 110 mil toneladas do produto em 2022 e a capacidade instalada hoje da empresa é de 150 mil toneladas. Operando como SA de capital fechado, a CBMM é uma empresa com controle nacional e acionistas minoritários chineses, japoneses e sul-coreanos.

A CBMM é a líder do mercado na exploração e na industrialização do minério do nióbio a partir de Araxá (MG), colocando o Brasil em posição diferenciada no âmbito internacional. Com um faturamento de mais de R\$ 11 bilhões em 2021, a empresa tem um forte trajeto de investimento em PD&I e histórico de investimento em startups, como é o caso da Echion e da *Battery Streak* – parcerias estabelecidas para a produção de precursores para baterias de veículos elétricos.

Responsável pela produção de 87 mil toneladas de nióbio em 2020 e 110 mil toneladas em 2021, a empresa teve um faturamento de R\$ 11 bilhões em 2021 e tem investido no desenvolvimento de materiais com óxidos de nióbio, titânio e tungstênio¹⁹² para anodos de baterias de veículos elétricos. A proposta mensura que para cada kWh de capacidade serão empregados 1,5 Kg de nióbio, uma proporção maior do que a usualmente empregada na composição de catodos ou aços, proporção estimada em 100g de nióbio por tonelada de aço. A empresa investe em PD&I por meio de projetos com universidades, institutos de pesquisa e clientes no Brasil e no mundo. A empresa informou que destinará R\$ 230 milhões no ano de 2023 em pesquisa e desenvolvimento, dos quais R\$ 94 milhões são destinados para acelerar o desenvolvimento em materiais com nióbio para baterias íon-lítio. O Programa de Tecnologia é realizado em parceria com, por exemplo, CDTN, IPT e universidades.

Segundo dados de 2023¹⁹³, a empresa realizava a reutilização de 96,3% das águas de processo. A CBMM estabeleceu 2040 como prazo para zerar as emissões de carbono do complexo industrial em Araxá (MG). Atualmente a empresa já possui 100% da energia elétrica consumida como proveniente de fontes renováveis. O Prêmio CBMM de Ciência e Tecnologia¹⁹⁴ realiza desde 2019 a premiação de pesquisadores brasileiros expoentes em diferentes áreas de atuação, refletindo o compromisso da empresa com a PD&I.

192 <https://www.fastmarkets.com/insights/brazils-cbmm-niobium-batteries-2030>

193 <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/estudos/caderno-3-cadeias-produtivas-dos-minerais-para-transicao-energetica/EstudosMSWordPNM2050Caderno320221114.pdf>

194 <https://premiocbmm.com.br/>

A CMOC, empresa de capital chinês com unidades no Brasil, atua na extração de nióbio em mina de rocha fresca (Catalão-GO). Em outra mina localizada em Chapadão (GO), a CMOC extrai fosfato (mineral estratégico com aplicação em fertilizantes e nutrição animal), com coprodução de nióbio (ferro-nióbio) e barita (sulfato de bário). Desde 2014 a empresa investe no processamento de coprodutos como forma de reduzir o volume de resíduos produtivos e aumentar a vida útil de barragem de rejeitos.

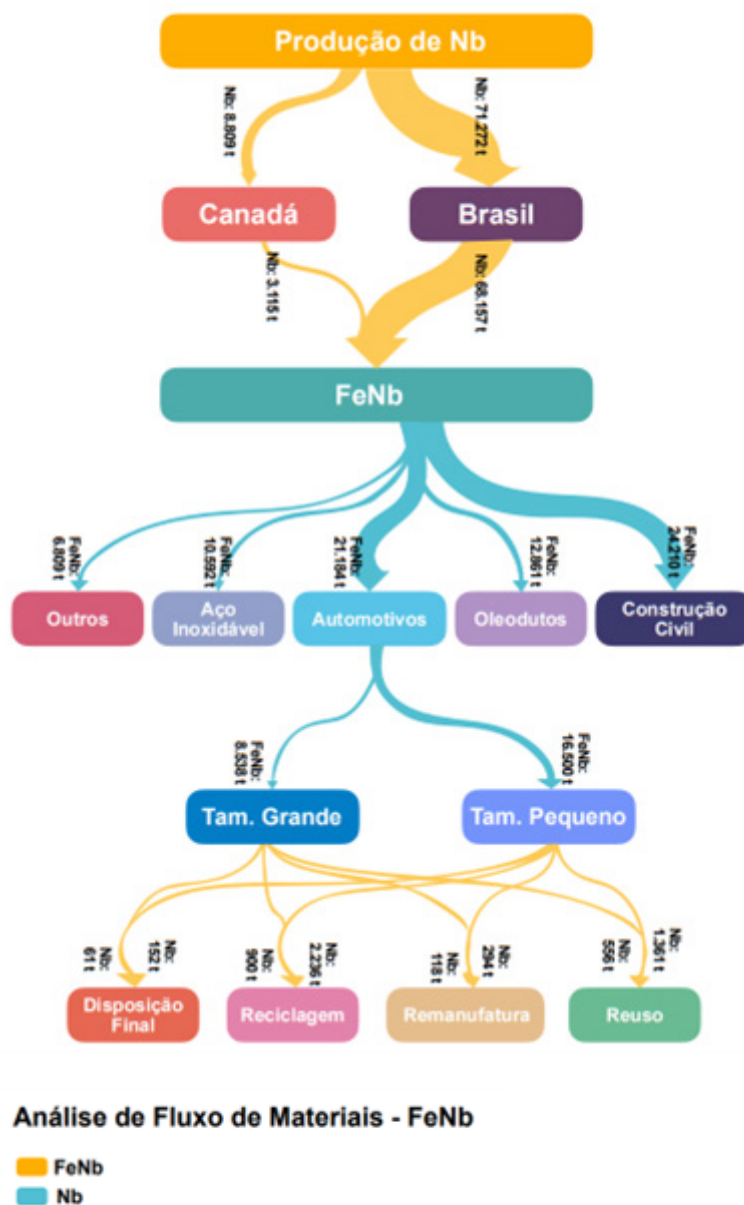
A empresa explora depósitos no estado de Goiás e o processamento mineroquímico ocorre no estado de São Paulo. A empresa tem um faturamento líquido para o fosfato estimado em R\$ 3,6 bilhões para 2022 com cerca de 2 mil empregados diretos nos sites de Goiás e São Paulo. A empresa possui cooperação com a empresa CATL internacionalmente para a produção de baterias. Operando há 40 anos, ainda há a estimativa de vida útil da mina de fosfato até 2057 e mais de 20 anos para a mina de nióbio para as reservas conhecidas.

A Análise de Fluxo de Material identifica todas as entradas de suprimentos da matéria-prima (importações sob qualquer de seus tipos), as sequências de sua transformação até os produtos ofertados e que permanecem em uso (um estoque intermediário), os descartes e reciclagens intermediários dos processamentos, bem como reuso, até o fim da linha (*end of life*) com descarte final, ou exportação como produto ou como resíduo.

A Figura 67 apresenta o diagrama tipo *Sankey* mostrando o resultado de uma análise de fluxo de materiais realizada pelo CETEM para o ferro-nióbio, insumo importado do Brasil e do Canadá pelas empresas siderúrgicas de todo mundo, destinado à elaboração de aços para a indústria de veículos automotivos, chegando-se aos valores destinados aos vários tipos de veículos que os utilizam, bem como aos valores de reuso, reciclagem, remanufatura e descarte.

Apesar de Brasil e Canadá serem detentores das maiores reservas globais de nióbio do planeta, há mais de 90 reservas mapeadas em todo o mundo (Figura 68).

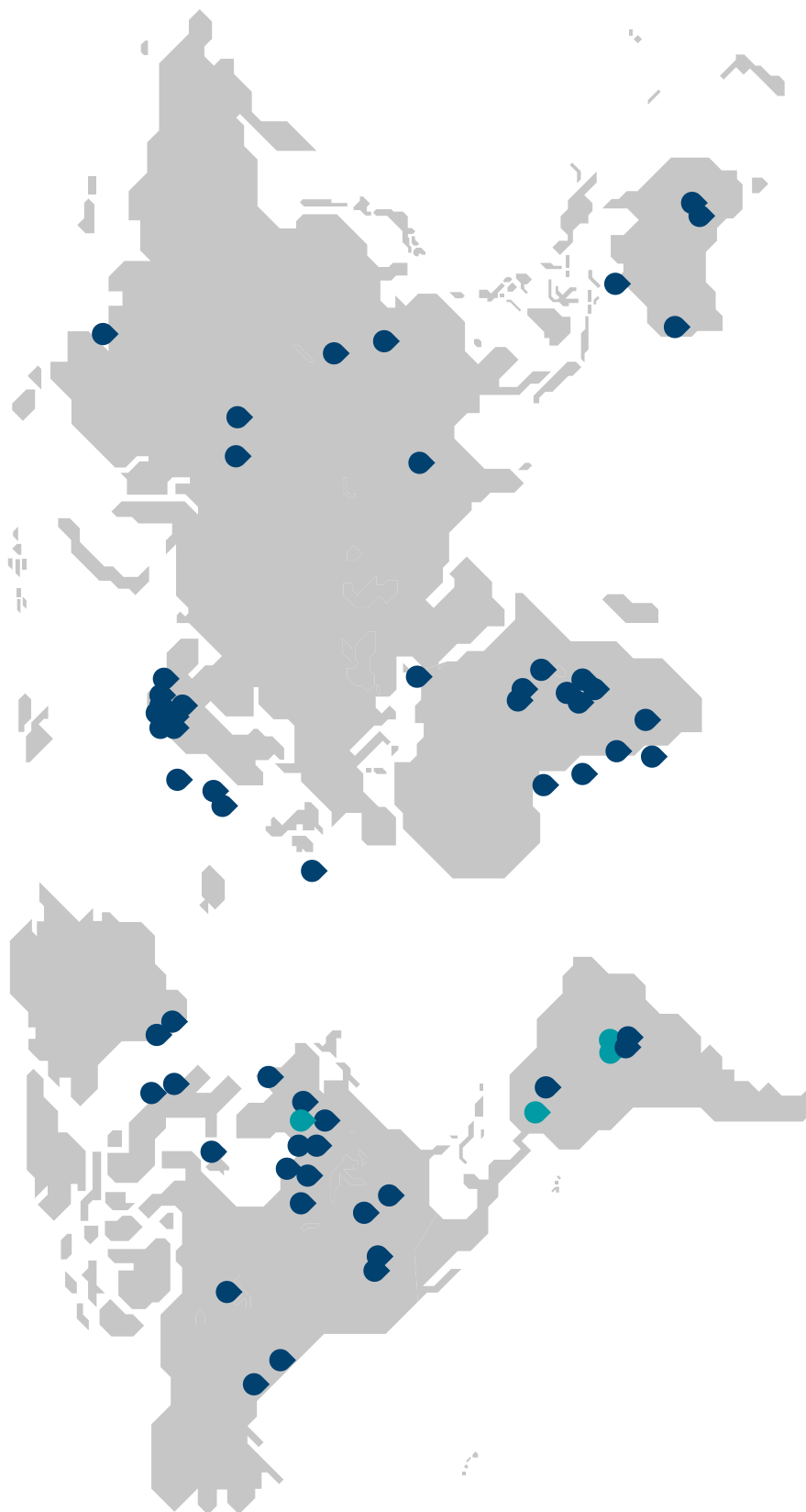
Figura 67: Análise do fluxo de materiais da cadeia industrial do ferro-nióbio.

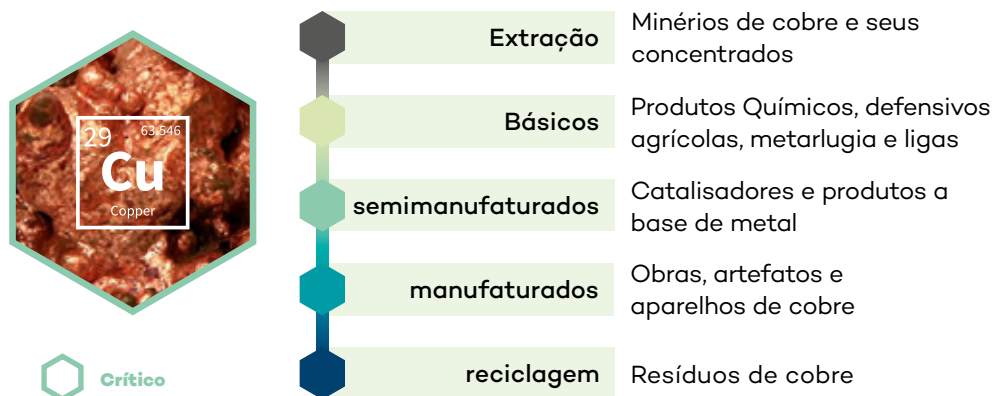


Fonte: EU - BrazilSectoral Dialogues. Studyofcritical materials' productionchains: opportunitie-sandthreatsofthe circular economy (2020)¹⁹⁵.

195 https://eubrdialogues.com/documentos/proyectos/adjuntos/Oc2724_Final%20Tecnical%20Report_WEB_ENG.pdf

Figura 68: Principais depósitos de Nióbio mapeados no mundo



COBRE - CADEIA DE VALOR E DADOS DE EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO

O cobre é um dos materiais importantes para a economia de baixo carbono por estar presente em materiais com alta tecnologia. Estima-se que um motor elétrico possui cerca de quatro vezes mais cobre do que o motor tradicional. O Brasil é responsável por 7% da produção mundial do cobre, com cerca de 1,3 milhão de toneladas anuais, cuja produção se concentra nos estados da Bahia, Alagoas, Para e Goiás., totalizando 91% da produção nacional.

A Vale Base Metals propõe triplicar a produção de cobre no país nos próximos 10 anos, chegando a 1 milhão de toneladas, com investimentos da ordem de 20 bilhões de dólares nas cadeias do cobre e do níquel. Sendo responsável pela produção de cerca de 350 mil toneladas anuais de cobre, a produção ainda é baixa comparada ao volume de cerca de 1 milhão de toneladas alcançados por empresas como Freeport e Glencore. A Vale possui direitos minerários para exploração de cobre em Carajás, na Indonésia e no Canadá. Apenas Carajás tem um potencial atual equivalente a 23 milhões de toneladas de cobre e potencial de novas reservas chegam a 2,55 bilhões de toneladas com teores variando entre 0,6 e 2,1% de cobre¹⁹⁶. Dentre os depósitos conhecidos, sabe-se que estão todos associados à exploração de ouro, cujos teores variam entre 0,30 e 0,86 gramas por tonelada.

O furto de cabos de telecomunicação tem crescido nos últimos anos no Brasil, com uma estimativa de retirada de 16km de cabos por dia em todo

196 <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/carajas-pode-ser-um-polo-mundial-para-a-producao-de-minerais-criticos>

país¹⁹⁷. Operadoras de telefonia e internet são as mais impactadas pelos furtos que, em maior parte dos casos, ocorre em razão do alto valor da sucata de cobre, motivando a comercialização ilegal. As principais ações para inibir a prática têm focado na fiscalização a partir de prefeituras e subprefeituras em todo o Brasil, bem como atuação junto às empresas do setor de telecomunicações.

A cadeia de valor do cobre demonstra um alto grau de maturidade, com uma produção significativa em todas as etapas do processo.

Figura 69: Exportação de cobre por etapa da cadeia de valor, dados em valor total FOB US\$.

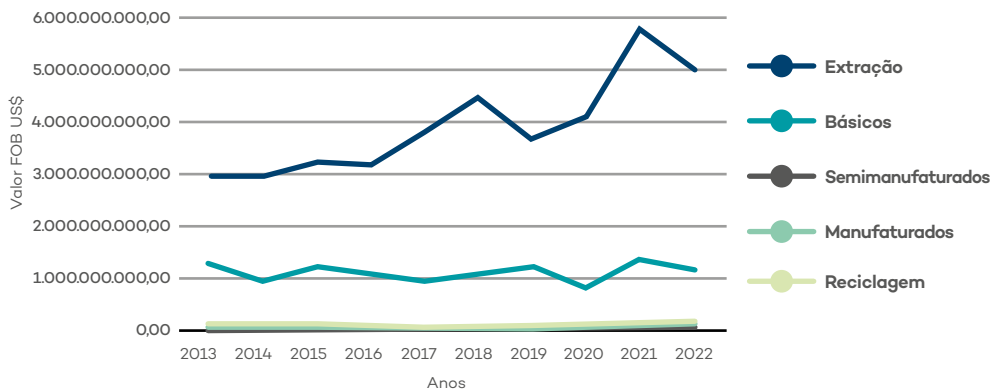
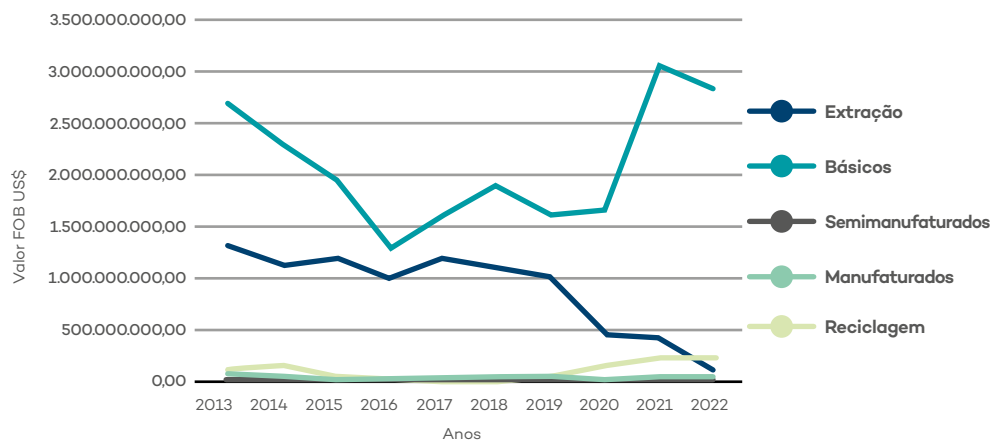


Figura 70: Importação de cobre por etapa da cadeia de valor, dados em valor total FOB US\$.



¹⁹⁷ <https://www.sindicel.org.br/noticia.asp?id=934>

Apesar da volatilidade dos preços ao longo dos anos, os Gráficos 71 e 72 apontam uma baixa dependência externa para a produção de básicos e um alto peso na exportação de minérios de cobre e seus concentrados.

Figura 71: Volumes comercializados no Brasil em 2022 – Cobre (kg).

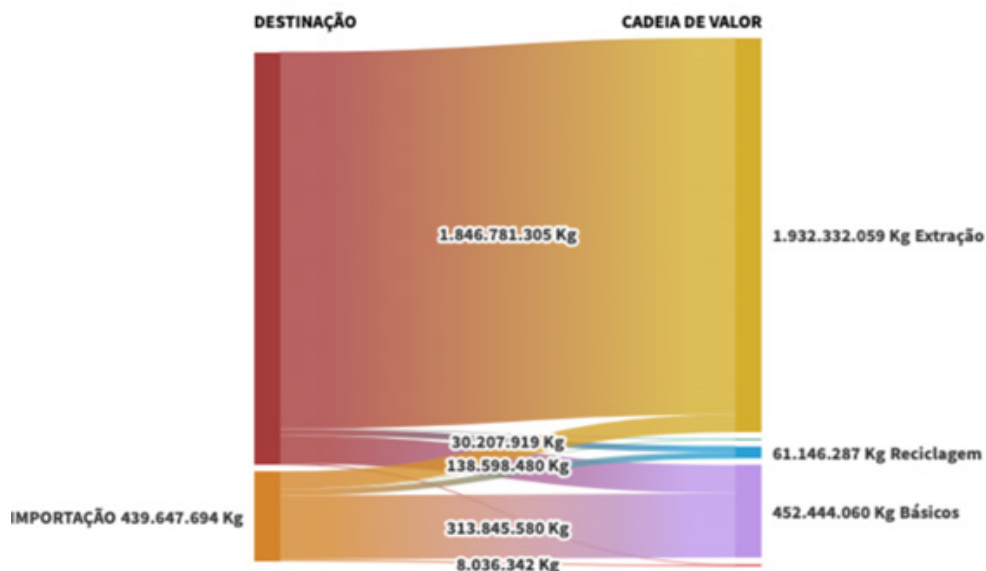
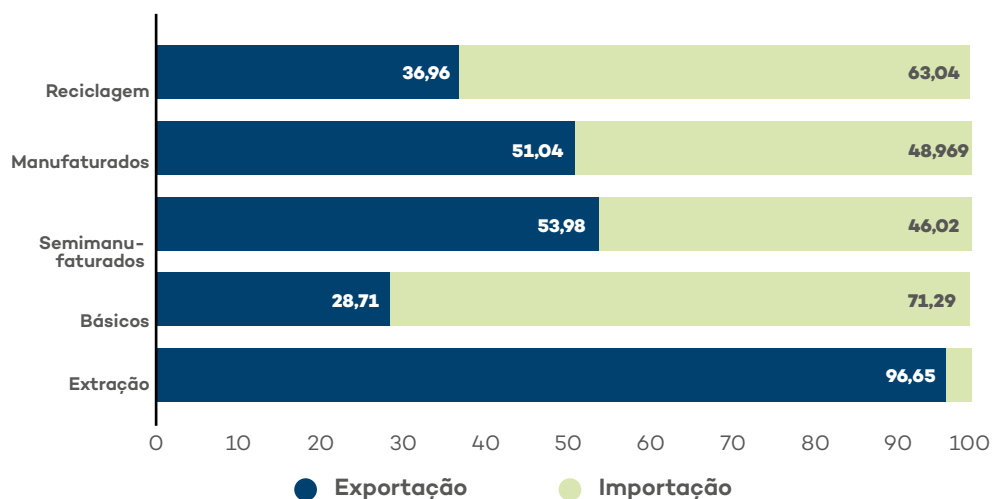
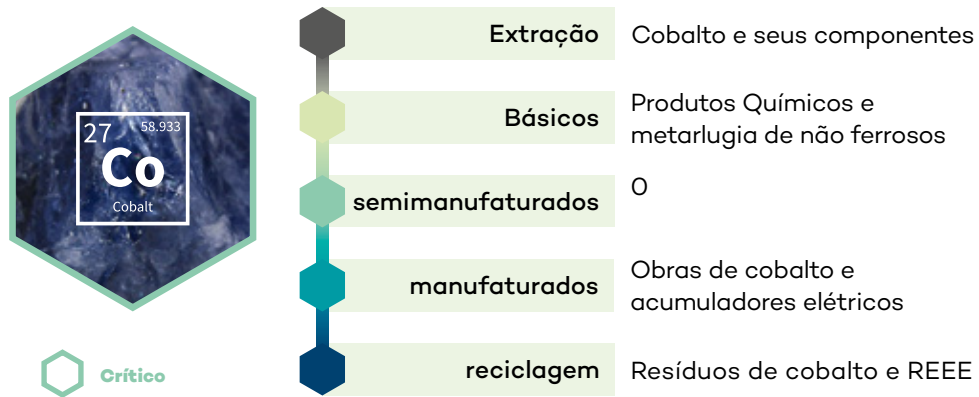


Figura 72: Volume negociado no ano de 2022 (FOB US\$/Kg).



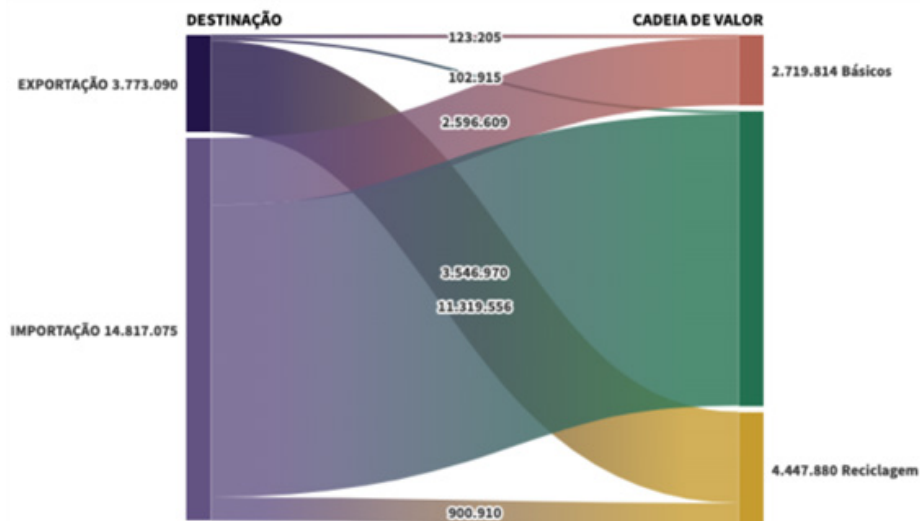
O gráfico elaborado a partir do percentual do valor FOB (US\$) e o volume (Kg) negociado, no ano de 2022, segundo as etapas da cadeia de valor do cobre, reforça o peso da exportação de minérios de cobre e seus concentrados (Figura 72).

COBALTO - CADEIA DE VALOR E DADOS DE EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO



Além do minério natural, o cobalto pode ser obtido como coproduto da mineração do níquel. Desde 2016 o Brasil não possui registro de produção de cobalto, mas o mineral segue sendo explorado como *commodity* secundária a partir de oito depósitos de níquel¹⁹⁸. Entre os meses de janeiro e setembro de 2023 as exportações de minério de cobalto alcançaram R\$ 1,54 bilhão, correspondente a mais de 825 toneladas¹⁹⁹, o equivalente ao aumento de 30% em relação ao mesmo período de 2022.

Figura 73: Volumes comercializados no Brasil em 2022 – Cobalto (kg).



¹⁹⁸ https://www.sgb.gov.br/pdac/media/critical_minerals_potential.pdf

¹⁹⁹ <https://www.noticiasdemineracao.com/brasil/news/1134993/brasil-exporta-mais-minerio-cobre-em-nove-meses#:~:text=As%20exporta%C3%A7%C3%B5es%20brasileiras%20de%20min%C3%A9rio,com%20as%20exporta%C3%A7%C3%B5es%20do%20metal.>

A empresa australiana Jervois Mining pretende iniciar a operação em 2024, com previsão para produção de 10.000 toneladas métricas por ano de níquel refinado e 2.000 toneladas métricas por ano de cobalto refinado. Da mesma forma, ainda em 2023 a mineradora Glencore as montadoras Stellantis, a Volkswagen, e a PowerCo, negociam a compra da Atlantic Nickel e Mineração Vale Verde, minas de níquel sulfetado e cobre no Brasil, respectivamente²⁰⁰.

Figura 74: Exportação de cobalto por etapa da cadeia de valor, dados em valor total FOB US\$.

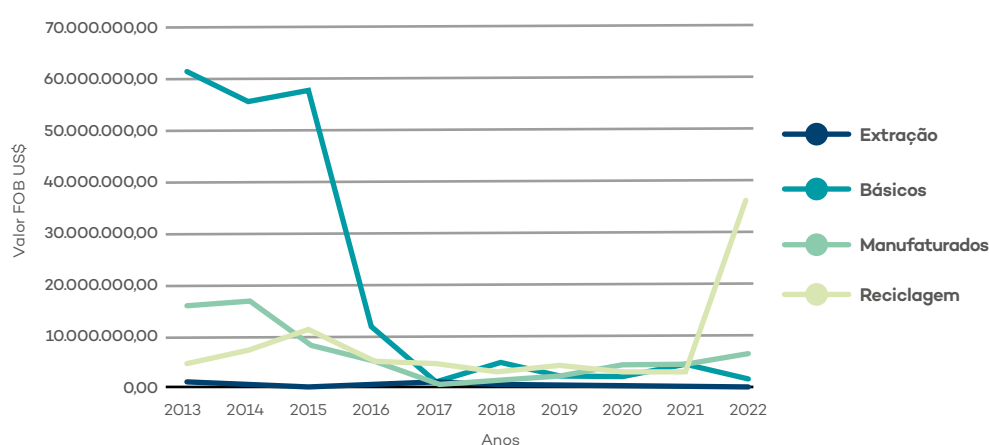
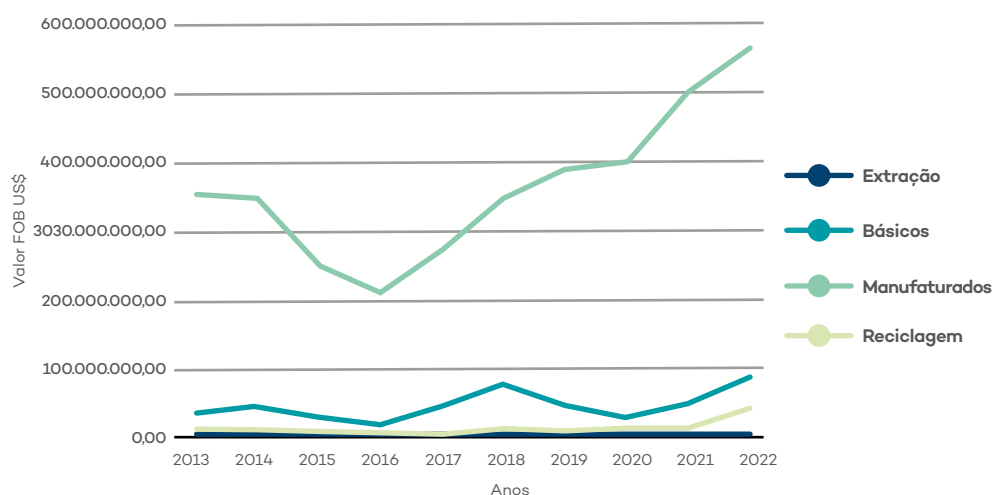
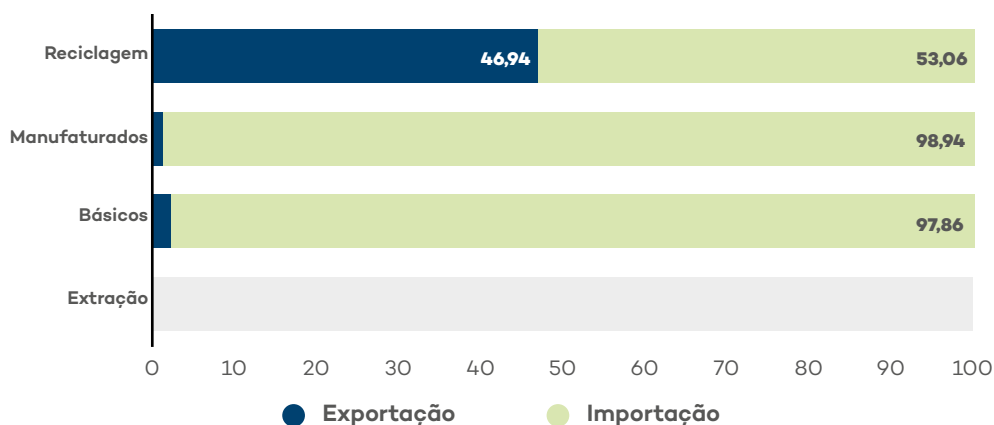


Figura 75: Importação de cobalto por etapa da cadeia de valor, dados em valor total FOB US\$.



²⁰⁰ <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/mineradora-e-montadoras-concordam-em-apoiar-compra-de-minas-de-niquel-e-cobre-no-brasil-por-us-1-bi/>

Figura 76: Volume negociado no ano de 2022 (FOB US\$/Kg).



A PowerCo é a empresa da Volkswagen, responsável pela produção de baterias e estabeleceu parceria com a mineradora UMICORE, resultando dessa cooperação a empresa europeia IONWAY, com uma capacidade de 160 GWh até o final da década, correspondendo a 2,2 milhões de baterias de veículos elétricos²⁰¹. A cooperação é a primeira estabelecida no mundo entre produtora de bateria e uma montadora automotiva.

A busca por materiais ativos de catodo (*cathode active materials, CAM*) e seus precursores, tipicamente óxidos metálicos, devem impulsionar a aquisição de mineradoras de interesse em todo o mundo. Este movimento tem como objetivo garantir a segurança no suprimento de materiais para a produção dos componentes e das baterias elétricas. Uma disputa acirrada e com decisões a serem tomadas em curto espaço de tempo. Apesar do Congo deter 63% das reservas mundiais, a Europa possui como fontes de cobalto a Rússia (25%), Estados Unidos (16%), Finlândia (16%) e Congo (9%).

A maior parte do cobalto processado no Brasil é obtido como coproduto da mineração de níquel ou de cobalto. Nascimento e Soares (2019) informam que, no mundo, estima-se que cerca de 55% do cobalto produzido seja resultante da exploração do níquel, enquanto a exploração primária pode ocorrer tanto em rochas continentais, como em ocorrências alternativas como nódulos e crostas marinhos. Os autores ainda destacam a importância de incentivo a estudos no país para apoiar estratégias de previsão, controle e mitigação dos impactos ambientais nas etapas de exploração e produção do cobalto, bem como estudos para a recuperação do material a partir de fontes secundárias como imãs, catalisadores automotivos e ligas especiais.

²⁰¹ <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/press-releases/powerco-and-umicore-set-up-pre-eminent-new-european-battery-materials-player-17733>

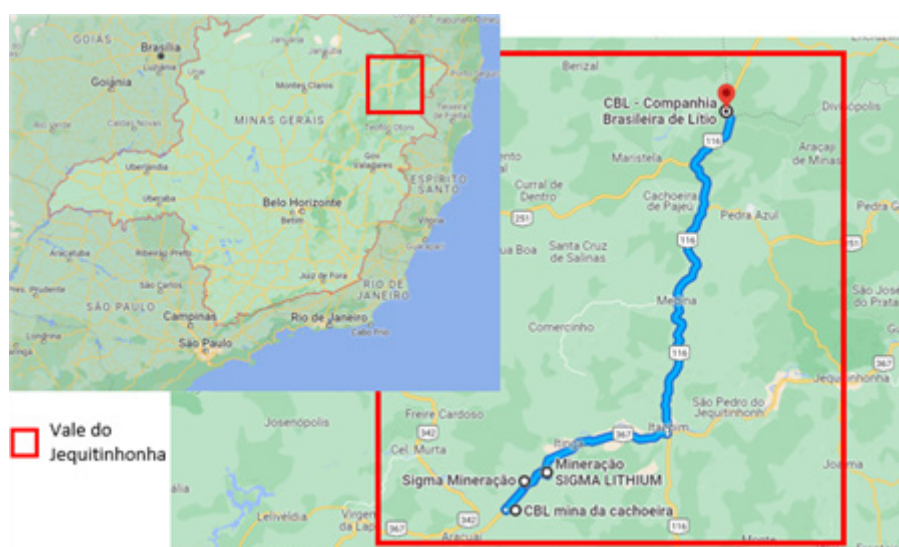
4.5.2 **Vocação mineral e a demanda tecnológica**

As instituições e empresas entrevistadas pontuaram, em sua maioria, a dotação do Brasil para os minerais que compõem as novas baterias (lítio, nióbio, grafite, manganês, níquel, cobalto, cobre e alumínio) e indicaram a necessidade de fortalecer e integrar os setores e promover a especialização na exploração dos recursos a fim de alavancar a vocação mineral do país. Daí a importância da convergência de estratégias que norteiam políticas para a indústria, o desenvolvimento tecnológico e o incentivo ao estabelecimento de processos industriais que agreguem maior valor às *commodities*, resultando em bens acabados.

Os materiais críticos e estratégicos são percebidos pelas instituições consultadas como possibilidade de serem mais bem explorados e processados a partir de uma articulação via polos produtivos integrados, espécies de clusters que funcionariam como Arranjos Produtivos Locais (APL). O Brasil possui vasta experiência e resultados importantes nos APLs de Rochas Ornamentais e Cerâmica Vermelha e poderia fazer uso do histórico e do modelo de articulação. Mais próximo deste ideal para um piloto estão os vales do Lítio e do Grafite para a produção futura de baterias.

A Figura abaixo pontua no território as áreas de interesse e atuação de empresas Sigma, instalada em Itinga (MG), a AMG, situada em Nazareno (MG), e CBL na unidade de Divisa Alegre (MG).

Figura 77: Ativos de lítio em Minas Gerais.



O projeto 'Vale do Lítio' é apresentado pelo governo de Minas Gerais com um viés econômico-social e teria como objetivo desenvolver cidades do Nordeste e Norte do estado em torno da cadeia produtiva do lítio, gerando mais empregos e renda para a população das duas regiões. Em contrapartida, a jazida apresentada pela SigmaLithium está localizada na Área de Preservação Ambiental da Chapada do Lagoão e a Cidade de Araçuaí, cuja mineração de lítio acontece há 30 anos, não apresenta um bom índice de desenvolvimento humano, segundo dados do IBGE²⁰². Para tanto, a empresa tem buscado investir na melhoria dos indicadores socioambientais na região a partir de ações integradas para a qualificação e desenvolvimento.

A Província Pegmatítica Oriental, que abrange os estados de Minas Gerais, parte da Bahia e do Espírito Santo é a mais extensa. Para além do Vale do Lítio, a empresa AMG Mineração possui ponto de exploração no Vale do Sereno, localizado no sul do estado de Minas Gerais, com previsão de produção no início de 2024.

4.5.3 Avaliação das tendências tecnológicas

A avaliação tecnológica de alguns fatores de competitividade deve necessariamente contemplar parâmetros e fases da qualidade do material crítico ou estratégico a partir da rocha até a fase final de processamento. Parâmetros de qualidade ou características químicas, físico-químicas, de interface e morfológicas da rocha original irão definir as propriedades da fase final de processamento ou refino do material. Não raramente há equívoco de ordem técnica ao se considerar o mesmo desempenho funcional para um mesmo tipo de material proveniente de diferentes regiões ou origens geológicas. Por exemplo, o lítio de espodumênio, sedimentar ou de salmoura, e mesmo entre rochas com diferentes texturas da mesma região, mostram comportamentos muito diferentes no processamento, no refino, na funcionalidade e aplicação final. O mesmo ocorre com grafite, platinóides, terras raras e outros.

A importância das fichas técnicas reside na descrição de produtos, possibilitando a avaliação de produtos e processos. Desta forma, a inclusão de informações sobre o potencial dos materiais considerando-se, por exemplo, melhorias comparativas de eficiência podem nortear o processo decisório e orientar a configuração de cadeias de suprimento. Para tanto,

202 <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/aracuai/panorama>

devem ser melhor investigadas as origens e os fornecedores para uma efetiva classificação do material. As informações típicas de fichas técnicas de produtos não descrevem ou antecipam totalmente o desempenho funcional dos produtos contendo materiais críticos e estratégicos. Assim, torna-se muito importante capacitar profissionais para o estabelecimento de competências na identificação da qualidade e o desempenho intrínsecos ou modificados do material.

O risco de escassez tende a ser mais importante para os agentes de mercado. É uma prática relativamente comum entre produtores minerais de porte pequeno e médio restringir a amplitude e o nível de detalhamento dos trabalhos de exploração e cubagem a modelos para *commodity*, muitas vezes limitados a dimensões e análises químicas convencionais.

O *Summit* Sobre Minerais Críticos, realizado pela Agência Internacional de Energia, em setembro de 2023, reuniu ministros de países de todo o mundo – incluindo grandes produtores e consumidores de minerais – bem como líderes empresariais, investidores, chefes de organizações internacionais e representantes da sociedade civil.

A cúpula teve como objetivos construir um consenso mais amplo entre os participantes sobre cursos de ação eficazes para diversificar as cadeias de abastecimento mineral, aumentar a transparência do mercado, acelerar a inovação tecnológica e a reciclagem e promover práticas de desenvolvimento sustentável e responsável. Também ficou evidente na abertura do evento a preocupação da Agência com o desequilíbrio de reservas de minerais críticos pelo mundo.

Segundo o *United States Geological Survey* (USGS), 12 categorias minerais foram importadas da Rússia pelos Estados Unidos nos últimos anos: barita; escândio; potassa; crômio; abrasivos manufaturados (alumina, carbetos de silício e abrasivos metálicos); germânio; alumínio; diamante industrial; metais do grupo da platina; silício; zircônio e háfnio; e mica natural (USGS 2022). Não há reserva estratégica americana para qualquer um desses recursos²⁰³.

Uma publicação especial, elaborada por pesquisadores em geociências do Serviço Geológico do Brasil (SGB)²⁰⁴, revela o potencial brasileiro para a produção dos minerais classificados como “estratégicos” pelo Ministério

203 <https://www.brasilm mineral.com.br/noticias/entre-as-sancoes-e-a-escassez-minerais-criticos-nas-relacoes-russo-americanas>

204 <https://www.cprm.gov.br/publique/Noticias/Publicacao-especial-revela-potencial-do-Brasil-para-ser-um-dos-principais-fornecedores-de-minerais-estrategicos-7831.html>

de Minas e Energia (MME): cobre, grafita, lítio, níquel, fosfato, potássio e urânio e Elementos de Terras Raras.

O documento, que traz um panorama dos recursos e reservas que estão disponíveis, ou têm potencial de exploração comprovado, foi apresentado durante o maior evento sobre prospecção mineral do mundo, o PDAC 2023 - *Prospectors and Developers Association of Canada*, que ocorreu em Toronto entre 5 e 8 de março de 2023.

Na publicação “*An Overview of Critical Minerals Potential of Brazil*” (Uma Visão Geral do Potencial de Minerais Críticos do Brasil), estão mapas com a localização dos depósitos minerais críticos para transição energética e segurança alimentar. Além disso, o SGB disponibiliza outras informações, como empresas que operam os depósitos, recursos disponíveis, capacidade de produção, valores investidos, arrecadação com impostos e projeções para geração de empregos.

As informações, direcionadas especialmente a investidores, mostram que o Brasil tem uma grande diversidade de recursos minerais ainda a serem explorados, atendendo, sobretudo, a demanda gerada pela transição energética, que consiste na mudança de uma matriz de combustíveis fósseis para o uso de fontes com baixa emissão de carbono. Seguramente uma oportunidade para impulsionar a cadeia produtiva e desenvolver o país. O Brasil tem um potencial significativo de colocação como player global para todas essas *commodities*.

O fornecimento de insumos minerais é uma prerrogativa para a transição energética. As ações coordenadas para o atendimento de demandas futuras com a ampliação da oferta mineral e a especialização da produção já estão sendo regulamentadas e empreendidas por diferentes países. Na Europa, por exemplo, vigora a partir de 2023 a diretiva específica para as baterias de veículos elétricos, considerando a recuperação de materiais secundários.

O Brasil possui um conjunto de regulamentações que instituem mecanismos de licenciamento, gestão dos recursos minerais e resíduos, créditos de logística reversa e que carecem de harmonização. A proposta de Taxonomia Sustentável, em recente consulta pública, é uma iniciativa que pretende o alinhamento e já apresenta os elementos prioritários no quesito mineração, considerando, por exemplo, a atuação das indústrias extrativas e as indústrias de transformação, pautando quesitos sobre emissões, geração de resíduos, impactos socioambientais e interface com a indústria química ²⁰⁵.

205 <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/orgaos/spe/taxonomia-sustentavel-brasileira/taxonomia-sustentavel-brasileira.pdf>

4.5.4 Concentração Geográfica de Recursos

A concentração geográfica de recursos de classe mundial tende à concentração de grandes fornecedores através de fusões, aquisições e joint ventures. Uma forma de conduzir a análise desse tema é a análise de casos. O lítio é um caso interessante para ser investigado. O Brasil é visto como um dos grandes fornecedores mundiais de lítio no futuro vindo do distrito geológico do lítio no Vale do Jequitinhonha. O Governo de Minas Gerais lançou um programa de fomento em 2023 intitulado Vale do Lítio, com o objetivo de explorar todo o potencial empresarial e econômico da região. O programa foi lançado inclusive internacionalmente na bolsa de valores de Nova York.

O Vale do Lítio é formado por 14 cidades: Araçuaí, Capelinha, Coronel Murta, Itaobim, Itinga, Malacacheta, Medina, Minas Novas, Pedra Azul, Virgem da Lapa, Teófilo Otoni e Turmalina, no Nordeste de Minas, e Rubelita e Salinas, no Norte mineiro.

O *market share* da produção brasileira de lítio, da produção futura do Vale do Lítio, no mercado internacional, será o resultado de uma combinação de fatores. Alguns desses fatores são de natureza tática e estratégica. De natureza estratégica podemos apontar visões de futuro para a região fornecedora, avaliação do potencial competitivo dos depósitos, das empresas e dos mercados. Os fatores táticos irão modular o ritmo de crescimento das empresas e da região. O custo Brasil pode ser um fator anticompetitivo principalmente para logísticas de porte médio. Também desfavorável é a cultura de *commodities* que prevalece na mineração brasileira, mesmo de porte médio, contra estratégias e táticas mais competitivas de marketing, tecnologia e inovação.

Estudos do Serviço Geológico Brasileiro (SGB) indicam que o Vale do Lítio tem potencial de reservas para se consolidar como distrito de classe mundial, com potencial de fornecimento mundial de longo prazo.

A visão e ambição de futuro para o Vale do Lítio virá de um consenso de planejamento estratégico, governança dos parceiros, investimentos e gestão das partes. A visão e ambição de futuro pela governança do Vale do Lítio já está começando de forma muito acanhada. A seguir são apresentados alguns argumentos para esse entendimento preliminar.

1. GT estruturado para estratégias para os minerais e materiais críticos

O GT do Governo de Minas para o Vale do Lítio conta com a presença de 16 instituições, sendo elas, Sede, Idene, Banco do Nordeste, BDMG, Codemge, Sedese, Seinfra, Fundação Gorceix, Fapemig, Semad, UFMG, Invest Minas, Segov, Sebrae, Sindiextra e Ibram. A primeira reunião do GT contou com a presença de 34 pessoas, além da Companhia Brasileira de Lítio – CBL, Secretaria Geral do Governo de Minas Gerais e o Serviço Geológico do Brasil (SGB). A avaliação tecnológica, mercadológica e estratégica da composição institucional desse GT tem o tom de fomento de produção e mercado próprio de *commodity*. Uma ênfase recomendável na cadeia de valor, agregação de valor, aplicações finais, transição energética e internacionalização, pediria uma composição do GT que contemplasse de forma importante outras instituições/representantes para esses objetivos. Um conselho de especialistas eventualmente poderia ser organizado. Também Grupos de Pesquisa com cultura para as disciplinas demandadas, para segmentos industriais de grande diferenciação e segmentação. Universidades com excelência em internacionalização entre outras disciplinas. O GT também deverá estimular a governança de ecossistemas, mineração ESG e minerais críticos verdes.

2. Pouca ambição em infraestrutura, custeio e redes nacionais e internacionais de PD&I

Algumas referências de fornecedores internacionais de lítio que evidenciam o quão distante a mineração brasileira de *commodities* está da cultura, tecnologia, estratégias de inovação, marketing e verticalização: Lithium Austrália, Glencore e SQM - Chile. A CBMM é um *benchmarking* nacional que também deve ser sempre analisado. A visão e avaliação das demandas competitivas para o futuro do fornecimento mundial de lítio é que muitos desafios devem ser trabalhados pelas empresas e pelo fomento do Vale do Lítio em Minas Gerais. A seguir desafios antecipados pela análise dessas empresas mencionadas: tecnologia, marketing e modelo de negócio para verticalização de toda a cadeia produtiva; investir na maturidade para toda a cadeia produtiva; alianças estratégicas; investimento e participação de redes de pesquisa e inovação internacionais; parcerias com clientes nacionais e internacionais; avaliar perfil para cada modelo de negócios a ser trabalhado.

3. Fapemig não tem uma estratégia específica para o fomento do PD&I de Lítio

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), não tem um programa específico que contemple os minerais críticos e mais

especificamente o lítio. A FAPEMIG é a agência de indução e fomento à pesquisa e à inovação científica e tecnológica do Estado de Minas Gerais. Compete à Fundação apoiar projetos de natureza científica, tecnológica e de inovação, de instituições ou de pesquisadores individuais, que sejam considerados relevantes para o desenvolvimento científico, tecnológico, econômico e social do Estado.

4. O baixo engajamento do polo científico e acadêmico de Minas Gerais ao Programa Vale do Lítio

Propõe-se para um engajamento adequado: (i) que seja realizado um levantamento do grau atual de engajamento da comunidade científica do estado de Minas Gerais, na resposta científica, acadêmica e educacional aos desafios apontados no item 2; e (ii) que seja elaborada, e talvez até testada, uma proposta de engajamento a partir de entrevistas com pesquisadores e *benchmarking* de melhores práticas e estratégias em grandes centros internacionais.

4.5.5 Visão Prospectiva

As análises tecnológicas, mercadológicas e institucionais para minerais críticos devem seguir as abordagens adotadas para minerais especialidades e funcionais cuja cultura empresarial e modelos de negócios contemplam estratégias mercadológicas, e tecnológicas associadas, voltadas para a diferenciação, segmentação, funcionalidade que pressupõem um número grande de produtos. O segmento de minerais críticos é ainda novo no Brasil, com profissionais ainda pouco experientes no setor e empresas com culturas e modelos de negócios tipicamente aplicados a *commodities* com pouca segmentação e diferenciação, e número restrito de produtos (Ciminelli 2003²⁰⁶).

As iniciativas de investimento em inovação no desenvolvimento de aplicações para os materiais críticos e estratégicos têm se concretizado no exterior a partir de diferentes mecanismos de colaboração e financiamento. Mesmo empresas nacionais têm projetos estabelecidos internacionalmente em investimentos mais expressivos do que aqueles aportados no país. Um fator identificado pelas próprias empresas é a percepção de um distan-

206 https://www.sgb.gov.br/publique/media/recursos_minerais/livro_geo_tec_rm/cap_IX.pdf

ciamento existente entre a academia e as práticas empresariais, com o desenvolvimento de estudos e soluções com baixo grau de maturidade tecnológica (*Technology Readiness Levels* – TRL²⁰⁷).

Iniciativas com a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii²⁰⁸) têm contribuído exatamente para reduzir essa distância e possibilitar a atuação coordenada entre pesquisa e a prática empresarial. Um caso de sucesso é a Rede de Inovação MCTI/Embrapii de inovação em Grafeno, que congrega 14 Unidades Embrapii.

Uma outra iniciativa é o Projeto *Made in Brazil* Integrado (MiBi²⁰⁹), uma iniciativa do Ministério da Economia, que se consolidou a partir da missão de produzir ventiladores pulmonares em tempo recorde para combater a pandemia da Covid-19 no Brasil. A proposta busca aumentar a competitividade do setor automotivo a partir de seis grupos de trabalho (GT) e dois grupos de estudo (GE) atuando em uma rede colaborativa, conforme a seguir.

GT1: Componentes metálicos	GT5: Transmissões Automáticas
GT2: Componentes Eletroeletrônicos	GT6: Semicondutores
GT3: Conjuntos Mecânicos	GT7: Baterias de Lítio
GT4: Componentes Plásticos	GT8: Cadeia do Hidrogênio

Em 2024 foram aprovados três projetos estruturantes financiados na Categoria Rota 2030²¹⁰ em parceria com empresas, instituições credenciadas EMBRAPII e o SENAI, tendo como foco a cadeia automotiva. Os projetos terão a duração de até 36 meses e convergem em ações para a transição energética e transformação ecológica.

207 <https://www.nasa.gov/directorates/somd/space-communications-navigation-program/technology-readiness-levels>

208 <https://embrapii.org.br/en/institucional/>

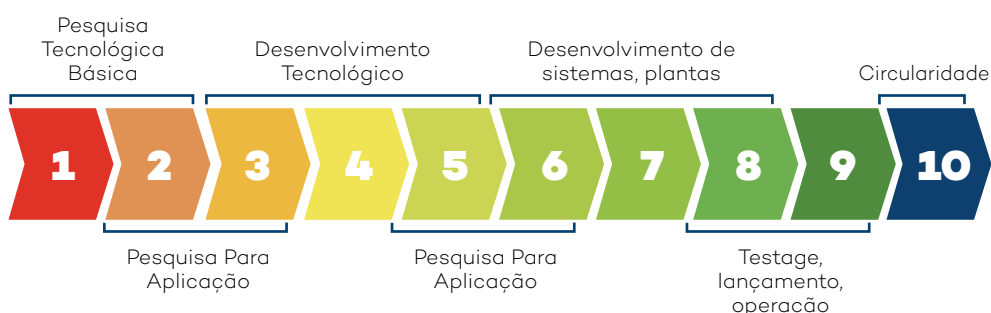
209 <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/noticias/2021/outubro/ministerio-da-economia--institui-rede-colaborativa-para-aumentar-competitividade-do-setor-automotivo>

210 https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/c3/c6/c3c67a97-14c7-4b2c--91fe-bb4eb9ccdc2b2/resultado_rota_2030_-_plataforma_2023__projetos_estruturante_v04042024_3.pdf

Título do projeto	Empresa proponente	Instituto senai	Unidade embraii
Protótipo nacional de bateria de lítio de baixa tensão para ves	Acumuladores moura s.A.	Tic	Software e automação ceei/ufcg
Projeto estruturante - baterias de íons-lítio	Fca fiat chrysler automoveis brasil ltda.	Eletroquímica	Centro de pesquisa e desenvolvimento em telecomunicações
Economia circular de autopeças plásticas e têxteis na cadeia automotiva	Fca fiat chrysler automoveis brasil ltda.	Biossintéticos e fibras	Instituto nacional de tecnologia

O grau de maturidade pretendido para as iniciativas do MiBi é o TRL 7 ou 8, com o desenvolvimento de sistemas produtivos em estágio piloto (Figura 78).

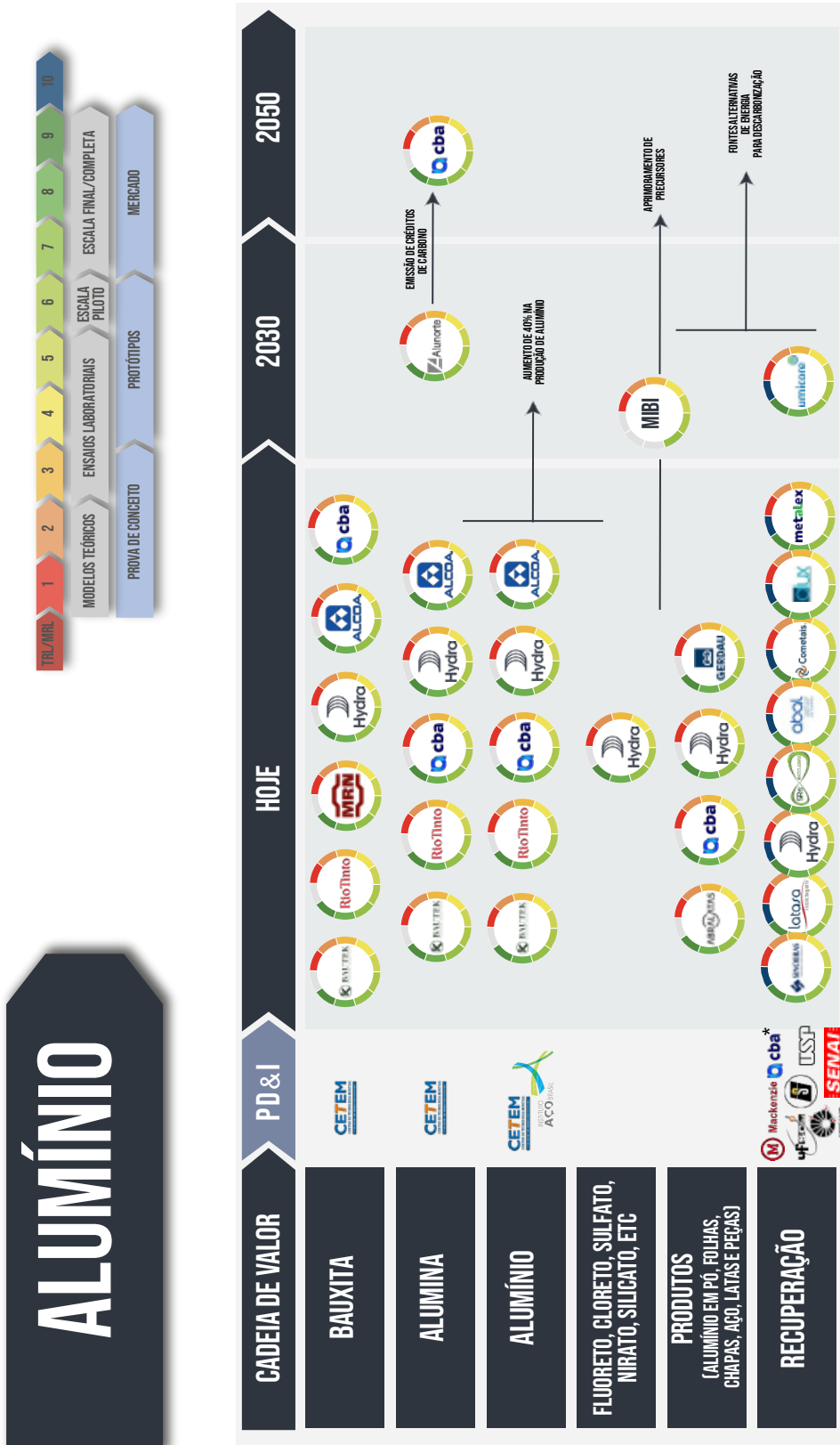
Figura 78: Escala de maturidade tecnológica.



Para a avaliação dos agentes da cadeia de valor atuantes no setor dos materiais críticos e estratégicos foi utilizada a escala de maturidade tecnológica (TRL) adaptada, com a inclusão do TRL-10, correspondente a recuperação de materiais secundários.

4.5.6 Rotas tecnológicas dos minerais críticos e estratégicos elencados

A seguir são apresentados os *roadmaps* preliminares dos materiais estratégicos e críticos no Brasil. Na esquematização do *roadmap* estão localizadas as empresas e instituições públicas e privadas relacionadas à cadeia de valor dos materiais, prioritariamente atuantes no Brasil. A abordagem tem como foco a transição energética e os horizontes temporais de 2030 e 2050. As empresas atuantes no estágio de recuperação são as únicas que atingem o grau de maturidade equivalente ao TRL 10, em razão do modelo de negócio desenvolvido.



* DEPARTAMENTO DE INOVAÇÃO, DESENVOLVIMENTO E MERCADO - PROJETO REAL CBA

Fontes:
https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariamecanica/maprotec/catalogo_acos_gerdau.pdf
<https://www.hydro.com/pt-BR/aluminum/sobre-aluminio/aluminum-recycling/>
<https://abal.org.br/sustentabilidade/reciclagem/reciclagem-no-brasil/>
<https://www.cometais.com.br/reciclagem-de-residuos-de-aluminio/>
<https://www.brasilm mineral.com.br/noticias/demanda-pelo-metal-4 deve-crescer-40-ate-2030>

ALUMÍNIO

O *roadmap* para a cadeia de valor do alumínio no Brasil mostrou-se como um dos mais completos em termos da participação das empresas nos diferentes estágios e com alto grau de maturidade para os processos, à exceção da produção de óxidos e sais, que conta com a produção da empresa Hydro, além de indústrias químicas.

A liderança do fornecimento mundial de bauxita é da China, mas a sua participação tem sido reduzida ao longo dos anos em razão da diminuição do potencial das reservas naturais, da situação geopolítica global e o agravamento dos problemas ambientais. O Brasil tem aumentado sua participação e empresas estabelecidas no país, nacionais e multinacionais, como Hydro, MNR, CBA e Alcoa, têm contribuído para a participação do Brasil no mercado mundial.

As empresas de processamento de bauxita, alumina e produção de alumínio são energia-intensivas e, por isso, a margem para a redução do consumo energético para fins de atendimento de metas de descarbonização são um desafio importante. O Brasil está à frente nesse processo, registrando baixos índices de emissões porque utiliza energia elétrica de fontes renováveis, com participação crescente da energia eólica, enquanto outros grandes produtores mundiais, em especial China e Índia, usam o carvão e outras fontes com potencial poluidor.

Como as novas tecnologias de processamento no setor ainda estão em desenvolvimento para se alcançar metas mais ambiciosas de redução de emissões, a recuperação de material secundário é um dos caminhos mais promissores na transição energética. O alumínio é um dos materiais que pode ser reciclado múltiplas vezes sem perder suas propriedades e no processo consome apenas 5% da energia necessária para a produção do alumínio primário, o que significa emissões mais baixas, além de ter uma aplicação diversificada e um valor social em toda a cadeia.

A empresa CBA – Companhia Brasileira de Alumínio, com índice de emissões 3,5 vezes inferior em comparação à média mundial, destaca atuação estratégica no segmento, conciliando metas de descarbonização com expansão, por meio de iniciativas de cooperação técnica com institutos de pesquisa, universidades e parcerias para o desenvolvimento de projetos, como o ReAL. Trata-se de uma tecnologia pioneira, patenteada, capaz de separar o alumínio de embalagens multimateriais e reciclá-lo, incorporando-o ao processo produtivo. Outro projeto desenvolvido na Metalex, planta de reciclagem de sucata industrial da CBA, envolve a instalação de um forno e de uma linha de tratamento



de sucatas, ambos já em operação, para fins de reciclagem de peças e componentes produtivos, e complementado com as ligas secundárias produzidas na unidade da Alux, contribuindo para alcançar nível de maturidade compatível com práticas de sustentabilidade (TRL 10).

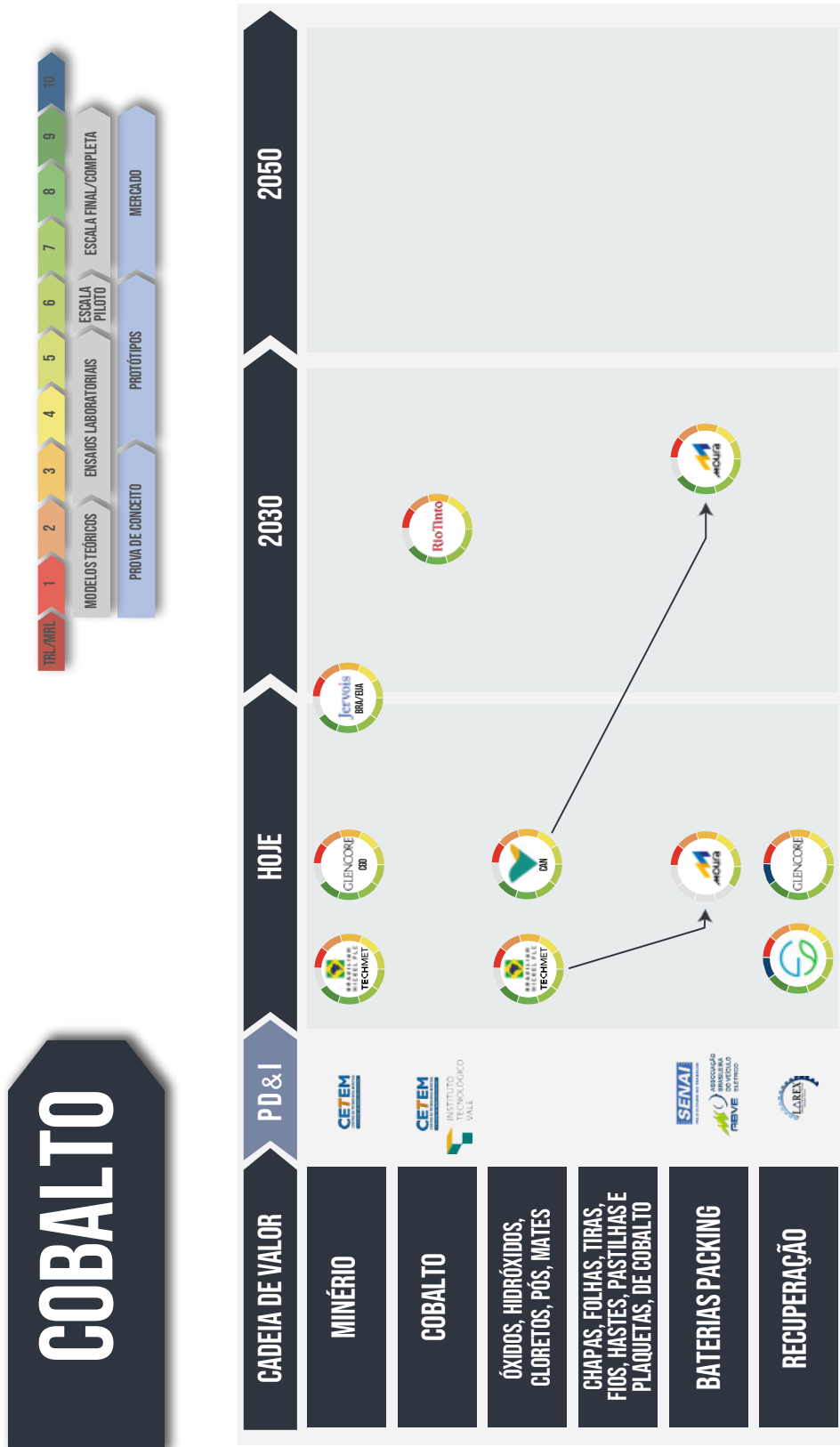
A empresa ALCOA atua na mineração, refino e redução, ou seja, as três etapas da cadeia primária do alumínio. A planta de extração de bauxita se localiza em uma unidade no Pará, enquanto as unidades de processamento mineral se encontram nos estados de Minas Gerais e Maranhão. Os processos de refino contemplam a produção de alumínio, hidratos, hidróxido de alumínio, aluminas. Em 2022 a empresa alcançou a reciclagem de 29,6% de sucata de alumínio em relação a produção de tarugos na unidade de Poços de Caldas (MG). A empresa detém 100% de energia renovável contratada na unidade do Maranhão e totaliza mais de 300 hectares de áreas mineradas reabilitadas no mesmo ano. Encontra-se em operação o plano de descarbonização da empresa, visando alcançar emissões líquidas zero de GEE em 2050, para suas operações mundiais.

A empresa Latasa, pertencente ao grupo Recicla BR, é pioneira na reciclagem de alumínio no Brasil, operando desde 1991. Responsável pela recuperação de mais de 300 mil toneladas anuais, possui quatro unidades de fundição localizadas em São Paulo, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Seus produtos recuperados atendem diversos setores, incluindo indústrias automotivas, siderúrgicas, metalúrgicas e de embalagens. Embora a Gerdau seja a maior recicladora de sucata ferrosa da América Latina, processando 11 milhões de toneladas e representando mais de 70% do aço produzido a partir de sucata, a Latasa se destaca como líder na reciclagem de metais não ferrosos, especialmente o alumínio.

Empresas como CBL, Ferbasa, Nexa e Latasa possuem equipamentos da Steinert²¹¹ em suas operações no Brasil. No segmento de reciclagem, destacam-se máquinas especializadas como extratores magnéticos, tambores magnéticos, Eddy Current e separação baseada em sensores, bem como o fornecimento de manutenção e assistência técnica especializada para a infraestrutura instalada.²¹²

211 <https://steinertglobal.com>

212 Fonte: https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2022/09/IBRAM_Praticas-em-Circularidade-no-Sector-Mineral_WEB.pdf



Fontes:

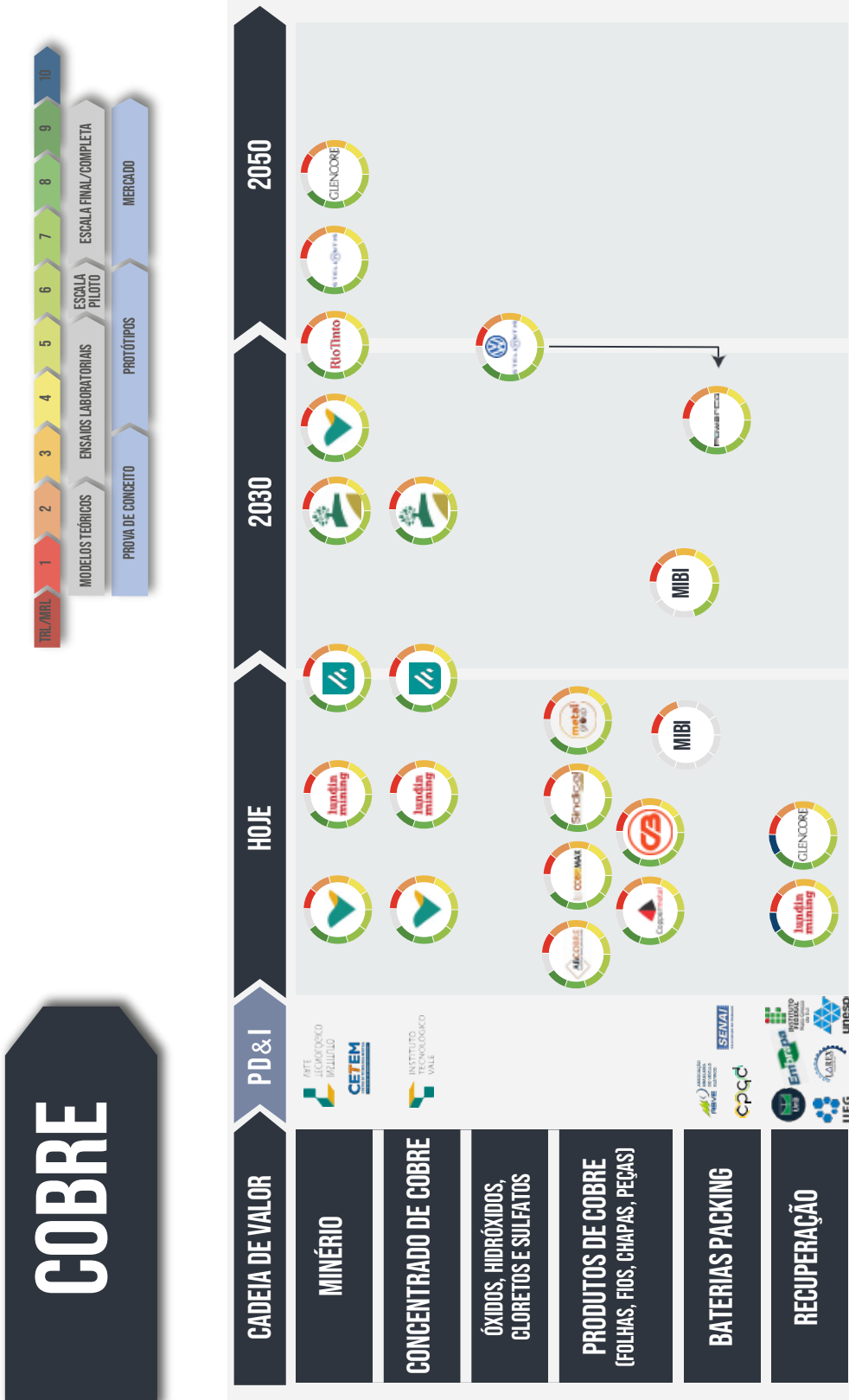
- <https://www.carboncreditmarkets.com/single-post/cobalto-reservas-minerais-baterias-e-tecnologia>
- <http://larex.poli.usp.br/recuperacao-de-cobalto-de-catalisadores-exauridos-da-industria-petroquimica-atraves-de-reducao-termoquimica/>
- <https://www.technet.com/brazilian-nickel/>
- <https://valorinternational.globo.com/economy/news/2022/11/15/us-unveils-investment-in-nickel-cobalt-in-brazil-ghtml>

COBALTO

O Congo é a principal fonte mundial de cobalto, no entanto a mineração neste país é alvo de denúncias internacionais de inúmeras violações de direitos humanos, sendo o cobalto congolês considerado um mineral de conflito. O cobalto é extraído como um subproduto de cobre e níquel, o que significa que a oferta geralmente é ditada pelos preços desses metais. Além disso, o refino de sulfato de cobalto é dominado pela China que detém cerca de 65% da produção.

Os principais ganhos de eficiência e na reciclagem para minimizar o impacto do aumento da demanda de cobalto, respectivamente, residem no desenvolvimento de baterias com menor conteúdo de cobalto e um alto potencial de reciclagem de cobalto em baterias no fim da sua vida útil. Estima-se que cerca de 80% da demanda do material em 2050 poderá ser obtida por meio da reciclagem. O potencial de substituição também é alto nesse horizonte temporal.

Os projetos BioCobalt e BioProLat foram concebidos pelo Serviço Geológico Brasileiro e têm como meta o desenvolvimento de rotas tecnológicas para a recuperação do cobalto como coproduto da extração do níquel. O CETEM compõe as duas iniciativas e atua com as empresas Brazilian Nickel em cooperação com a Alemanha. A Baterias Moura, em parceria com a Vale possui projetos para a produção de precursores de baterias e contribuir com a eletrificação da mobilidade antes de 2040. A cooperação entre empresas e laboratórios do CETEM, ITV, SENAI, e LAREX (USP) propõem tanto o desenvolvimento de soluções para os precursores como a estruturação das baterias. Iniciativas de recuperação de materiais secundários encontram-se estabelecidas a partir das empresas Glencore e Energy Source, principalmente a partir de baterias pós-consumo.



Fonte:
<https://www.autoindustria.com.br/2023/06/12/volkswagen-e-stellantis-investiram-em-minas-de-niquel-e-cobre-no-brasil/>
<https://www.cpqd.com.br/>
<https://www.vale.com/pt/mineracao>

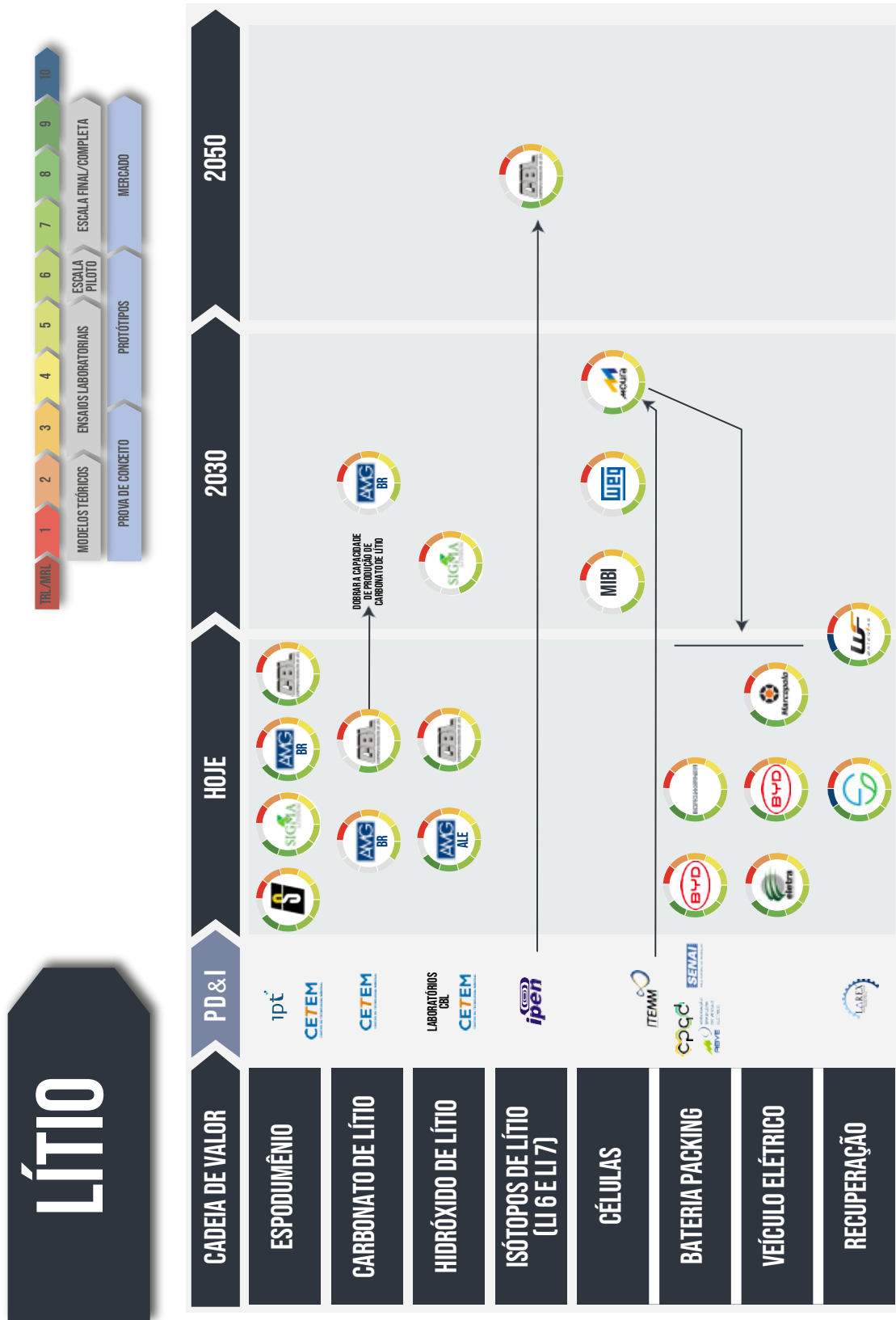
COBRE

Espera-se um grande crescimento da demanda de cobre no setor não energético, impulsionado pela industrialização e desenvolvimento econômico em países de renda média. A dificuldade de substituir o cobre torna difícil mitigar a demanda em curto e médio prazo até 2030. Dentre os principais desafios estão a baixa e decrescente qualidade do minério requerem uma alta intensidade de uso de energia e água na produção, além de uma grande produção de resíduos e rejeitos.

Do ponto de vista da oferta, os desafios para expandir o suprimento incluem: o esgotamento de minas existentes; a queda na qualidade do minério; falta de investimento na expansão da produção; aumento do custo da transição de minas a céu aberto para minas subterrâneas, como é o caso de Chuquicamata no Chile e do projeto para a Mina do Sossego (PA), e longos prazos de implantação de novas minas (15–20 anos). Ausência de disponibilidade de sucata em certas geografias menos maduras, embora o alto patamar atual de preços poderá incentivar maior uso de reciclagem do atual estoque de cobre ora em uso.

A multinacional canadense Lundin Mining atua na produção de concentrado de cobre e ouro a partir de minas a céu aberto de minérios sulfetados, atingindo receita recorde em 2023 de 3,4 bilhões de dólares. A mina Chapada, em Goiás, produziu mais de 45 mil toneladas de cobre em 2023. O rejeito resultante de suas operações foi categorizado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Mapa) como um agromineral silicático remineralizador de solo. Ao utilizar os rejeitos minerais como insumos para a agricultura, a empresa consolida a atuação para uma mineração sustentável e alinhada aos princípios da economia circular. O projeto teve a parceria da empresa Mineragro, UnB, Embrapa, UFG, Unesp e IFMS. Além de cobre e ouro, a empresa atua internacionalmente na produção de zinco e níquel, importantes MCE.

A atuação do MiBi para a estruturação de projeto para a produção de baterias para os veículos elétricos verificou-se, por exemplo, a ausência de produção de chapas de cobre na espessura requerida pelas baterias no Brasil. A estruturação da cadeia produtiva para atender a demanda requer maquinários apropriados que ainda não são produzidos no país. Várias empresas atuam na produção de folhas, fios, chapas. No entanto, nenhuma delas se apresentou como pronta para a produção conforme as especificações requeridas, exigindo investimentos que podem vir a ser contemplados por meio do Plano Indústria – Novo Brasil Indústria, lançado em 2024. A parceria da Stellantis, Volkswagen e PowerCo, com previsão de produção de precursores das baterias até final de 2030, podem motivar o mercado nacional a desenvolver processos produtivos e atender a demanda com a flexibilização do processo produtivo.



Fontes:

- <https://minerais.cetem.gov.br/handle/cetem/2018>
- <https://www.cetem.gov.br/atividade/iii-seminario-litio-brasil>
- <https://www.cetem.gov.br/assuntos/noticias/pesquisador-do-cetem-participa-de-serie-de-reportagens-sobre-o-litio-e-o-futuro-dos-carros-eletricos-no-brasil>
- <https://invest.mcti.gov.br/blog/projeto-de-cti/projeto-nico/>

LÍLIO

Os principais ganhos de eficiência e na reciclagem para minimizar o impacto do aumento da demanda de lítio, respectivamente, residem na fabricação de baterias menores e na viabilidade das baterias de íons de sódio depois de 2030. Estima-se, que cerca de 60% da demanda mundial de lítio em 2050 poderá ser obtida por meio de avanços na reciclagem deste material. Dentre as empresas apresentadas no *roadmap*, a *Energy Source*, a WF Baterias e as Baterias Moura já atuam na recuperação de materiais secundários e projetam ampliar o escopo de atuação a partir da potencial verticalização da cadeia produtiva. A iniciativa MiBi pretende viabilizar a produção de baterias antes de 2030.

A empresa Steinert Latinoamericana, empresa alemã com subsidiária em Minas Gerais, atua no desenvolvimento de tecnologias multi-sensores para a concentração de lítio a partir de diferentes minerais com avaliação de estudos litológicos para projetos na África, América do Norte, América Latina e na Austrália. A empresa tem atuado em projetos para a pré concentração de minérios e pilhas de baixo teor, assim como na reciclagem de metais e equipamentos eletroeletrônicos. Destacam-se como benefícios da proposta: a redução do consumo de energia e demanda hídrica nos processos, viabilidade de depósitos de baixo teor, reutilização de pilhas, redução na geração de rejeitos grosseiros e oportunidade de geração de coprodutos.

A CBL, empresa brasileira, desenvolveu processos para produção de concentrado e produtos de lítio nos últimos 30 anos e destaca-se dentre as empresas nacionais com atuação de forma verticalizada. A CBL reforça que, em 32 anos de operação, não tem registro de ocorrências de acidentes ocupacionais ou ambientais graves e destaca projeto para a purificação do lítio em parceria com o Ipen, com perspectiva para metas de descarbonização em 2050. O pioneirismo da empresa se destaca na produção de insumos com diferentes graus de pureza como carbonato de lítio grau técnico (99%), grau bateria (99,5%), grau farmacêutico (99,5%), hidróxido de lítio monohidratado e hidróxido de lítio com 99,99% de pureza. A empresa propõe dobrar a produção de concentrado de espodumênio das atuais 45 mil toneladas anuais para 90 mil toneladas em 2027.

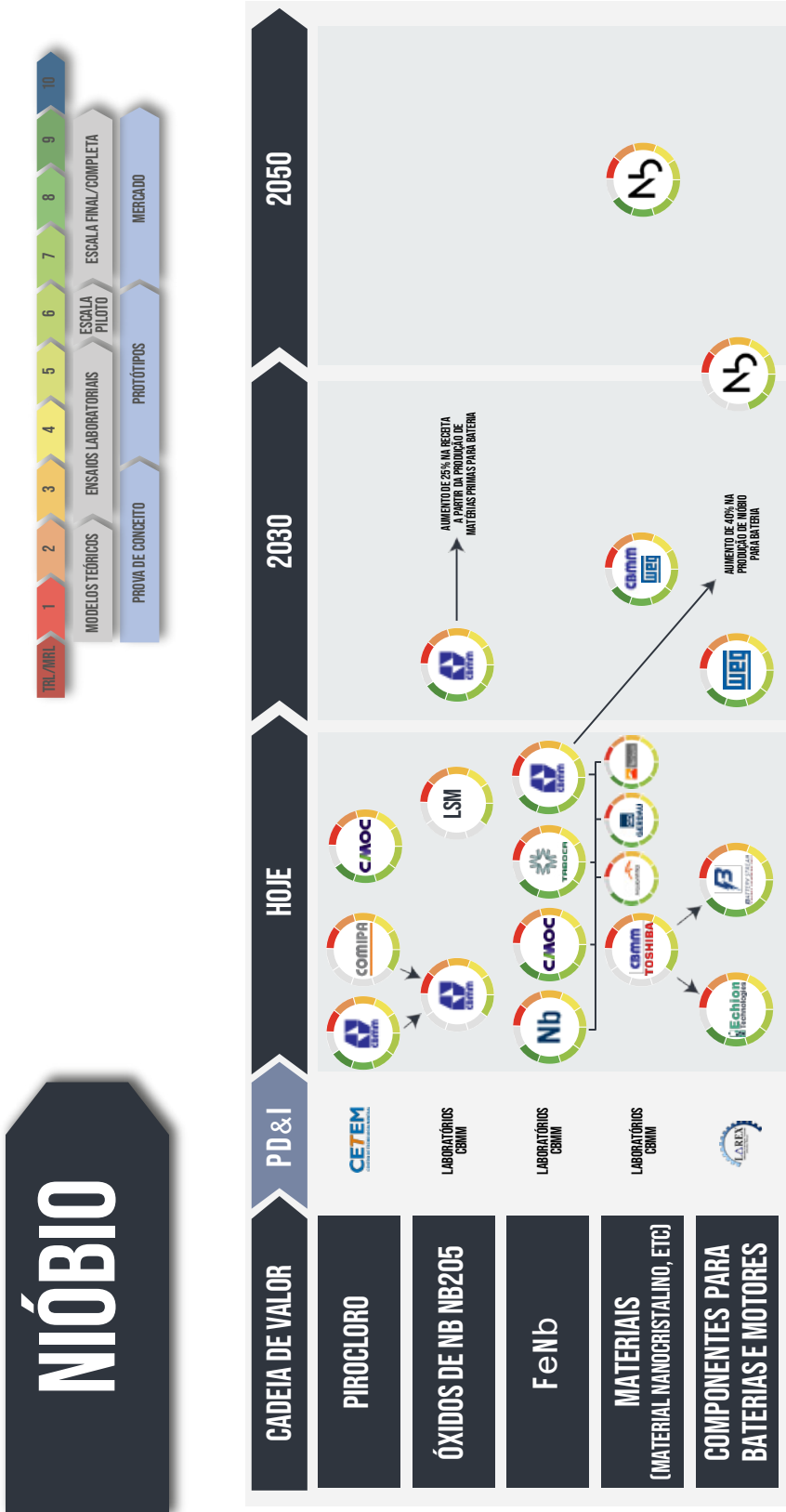
Com unidades no estado de Minas Gerais, a empresa AMG, de capital holandês, atua na produção de concentrados de espodumênio e tântalo, estanho e feldspato, bem como ligas de alumínio, óxidos de tântalo e nióbio. A empresa aportou um investimento inicial estimado em US\$50 milhões em projeto para o beneficiamento de concentrado de lítio com capacidade expandida de 130 mil toneladas anuais em 2024. Um segundo



projeto, em fase de engenharia básica e com previsão de implementação até 2030 realizará a produção de 20 mil toneladas de carbonato de lítio grau técnico e contará com aporte de US\$ 250 milhões.

A exportação de concentrado de lítio processado pré-químico pela empresa Sigma Lithium para a China teve início em agosto de 2023, atingindo 200 mil toneladas em abril de 2024. A empresa se tornou carbono líquido zero em 2023 com a produção de concentrado de lítio a partir de rocha, permitido pelo seu processo de beneficiamento com planta automatizada e sem a instalação de barragens de rejeitos. A empresa destaca os investimentos para desenvolvimento do território em que atua, doação de estéril para as prefeituras para uso com a pavimentação, bem como a venda de seus rejeitos e subprodutos advindos deste. A companhia pretende adentrar na cadeia de produção de químicos, logo após o atingimento da meta de produção 520 mil toneladas por ano, com a intenção de atingir novos estágios da cadeia de produção de materiais para bateria de carros elétricos na sua projeção.

A montagem de packs de baterias tem sido operacionalizada pela BYD e Baterias Moura em parceria com as empresas de veículos elétricos BYD, Marcopolo e Eletra. A WEG, por sua vez, investiu R\$ 100 milhões na fábrica de packs de baterias com previsão de início das operações em 2024. Como empresas entrantes no processamento de lítio no Brasil estão a Lithium Ionic por meio da empresa MGLIT e a Latin Resources.



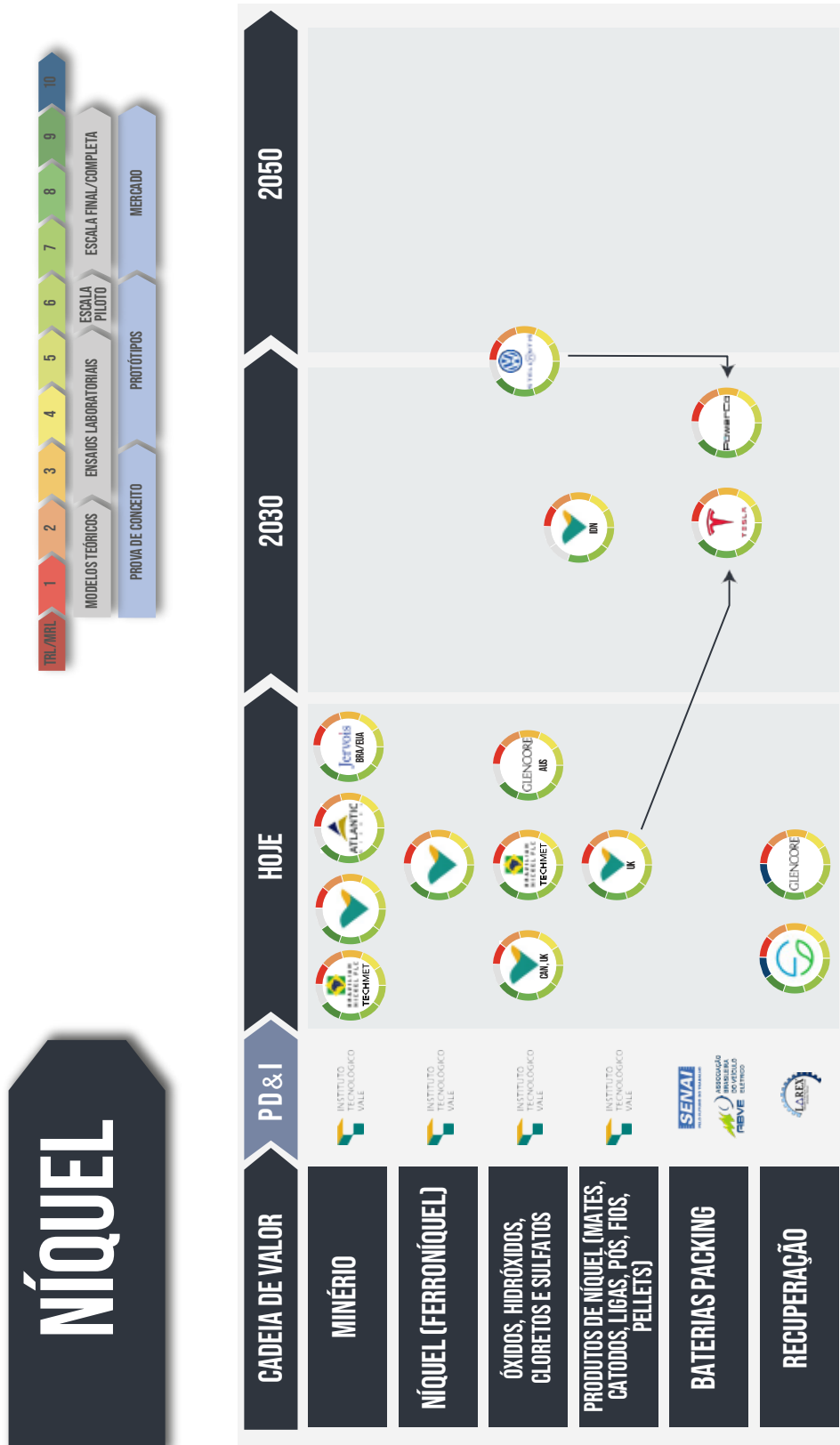
NIÓBIO

Estima-se o faturamento bruto da CBMM e da CMOC em cerca de R\$ 11 bilhões e R\$ 3,5 bilhões em 2021, respectivamente. As empresas atuam com finalidades distintas. A CBMM é a principal empresa do mundo com etapas de extração, processamento e inovação para cadeia de valor do nióbio, com produção de ferronióbio e óxidos. A canadense Niobec também atua na produção de ferronióbio a partir de uma única mina em Quebec. A CMOC, empresa de capital chinês, opera uma mina de rocha fresca em Catalão (GO) para a extração de nióbio, além de uma mina em Chapadão (GO) voltada para a produção de fosfato, mineral estratégico com aplicação em fertilizantes e nutrição animal.

Com a prática de investimentos em PD&I, a CBMM possui pesquisas e parcerias com startups em diferentes estágios da cadeia de valor na busca por desenvolver aplicações para o nióbio. Em parceria com a Toshiba a CBMM desenvolveu um material com nióbio para baterias de íon-lítio que inicia a produção de precursores para baterias e motores a partir das startups Echion e Battery Streak. Com metas ousadas de crescimento para 2030, a CBMM já possui sua produção 100% gerada com energia renovável. Além disso, a empresa inovou ao investir na produção de magnetita a partir do rejeito do processamento do pirocloro. Esse projeto permitiu o reaproveitamento de 32 mil toneladas de rejeito e viabilizou a produção de minério de ferro por meio da separação magnética.

A CMOC utiliza o minério de pirocloro da mina em Catalão como ponto de partida em sua cadeia de produção. A empresa agrega valor ao minério através de processos para a produção de concentrado e a fabricação da liga de FeNb. Importante ressaltar que na mina de Chapadão, além da extração de fosfato, são obtidos subprodutos como barita e pirocloro. Em parceria com institutos de pesquisa como o CDTN e o SENAI, a empresa desenvolve projetos para explorar rotas tecnológicas visando a recuperação de urânio a partir da escória resultante do processo de produção da liga de nióbio.

A Niobium Tech representa a CBMM na parceria com a empresa automotiva Giafforne Racing na produção do primeiro veículo do país com tecnologia própria, com produção de carroceria mais leve e resistente a partir da inclusão do nióbio na formulação das chapas e motor. Perspectivas de produção estão estimadas para 2040 e 2050.



Fontes:
<https://exame.com/negocios/aposta-num-niobio-multiuo-faz-cbrmm-faturar-r-11-bi-em-2021/>
<https://europe.autonews.com/suppliers/vws-powerco-stellantis-glencore-back-1b-mine-deal-brazil>

NÍQUEL

A produção mundial de níquel está concentrada na Rússia e na Indonésia. Importante componente nas baterias do tipo NMC, o níquel pode sofrer queda na demanda se houver tendência de substituição desse tipo de baterias pelas do tipo LFP. Projetos de PD&I encontram-se em curso a partir do ITV, CETEM, SENAI e LAREX em parceria com empresas como Anglo American, Vale, Brazilian Nickel, Atlantic Nickel, Glencore e Jervois.

Entretanto, o consórcio estabelecido com a Volkswagem e a Stellantis pretende em 2030 investir na produção dos precursores de baterias a partir da exploração do níquel no Brasil e, para tanto, conta com a parceria da PowerCo na aplicação de tecnologias de empacotamento das células para a produção de baterias. A Glencore integra esse consórcio de empresas com a compra de duas minas de níquel no Brasil. No mesmo período, a Tesla pretende, em parceria com a Vale, estabelecer a produção de baterias a partir de níquel zero carbono da Vale no Canadá.

A empresa Energy Source atua na recuperação de níquel no Brasil a partir das baterias pós-consumo e comercializam o níquel recuperado, segundo princípios da economia circular. Projetos para recuperação de materiais secundários, como o manganês a partir de minério de níquel, estão sendo desenvolvidos pelo LAREX (USP).



*5. FUNDAMENTOS
PARA POLÍTICAS
PÚBLICAS DE
MINERAIS CRÍTICOS E
ESTRATÉGICOS*

Desde o pactuado nos acordos de Paris, em 2015, e ressaltado pelo grupo *Resources for the Future Generations* (Ali *et al.*, 2017), os metais têm sido vistos como um gargalo para a transição energética pelo menos nos moldes atuais (IEA), e as previsões de mercado indicam um descasamento entre oferta e demanda, pelo menos nos curto e médio prazos, o que fica explícito pela alta volatilidade dos preços dos principais minerais estratégicos.

Todavia, é importante considerar que a teoria dos recursos nos lembra da possibilidade da emergência das denominadas *back stop technologies* (Enríquez, 2016), ou tecnologias de fundo, que são alternativas mais caras ao uso do recurso em questão. Quando o custo dessas tecnologias alternativas sobe excessivamente, elas acabam se tornando viáveis e paulatinamente vão ocupando importantes espaços no mercado. Foi assim com a crise do petróleo, com a subida exponencial dos preços e a crise da dívida (escassez de dólares) que viabilizou o programa de etanol brasileiro nos anos 1980 – o Proálcool.

As curvas de preços têm demonstrado a viabilidade econômica das energias alternativa como o caso da energia solar e eólica. No entanto, o atual momento é de muita ebulição na corrida tecnológica para saber qual o padrão de consumo a humanidade vai adotar nesta sociedade pós-carbono e principalmente na fase da transição energética. E esse padrão será decisivo para a demanda de minerais estratégicos e para desenhar as alternativas de agregação de valor a esses minérios. Cite-se a efervescência nas tecnologias de transporte com a disputa de muitas rotas tecnológicas: motor a combustão com menos emissões, motor híbrido, motor elétrico (com diferentes componentes nas baterias), motor a ar comprimido; nas tecnologias para geração de energia: hidrogênio verde e para a descarbonização, além das tecnologias de captura e estocagem de carbono, entre outras.

A demanda por minerais estratégicos tende a crescer nas próximas décadas de modo a comprometer os estoques atuais e futuros, exigindo a reestruturação de cadeias de valor e a configuração de novos modelos de negócio baseados nos princípios da circularidade.

De forma geral, dentre as principais tendências para a mineração global estão:

- i. direcionamento de recursos para o desenvolvimento do setor mineral;
- ii. estruturação e consolidação de políticas industriais e de PD&I;

- iii.** a busca por formas eficientes e sustentáveis de exploração, produção e consumo dos recursos naturais;
- iv.** a implementação dos princípios de ESG e da economia circular, incluindo a prática de mensuração da circularidade;
- v.** balanceamento entre as soluções, incluindo processos e produtos híbridos para se atingir maior eficiência;
- vi.** prevenção e mitigação de impactos ambientais e sociais;
- vii.** redução da dependência de insumos considerados críticos ou estratégicos;
- viii.** estudos geológicos com maior amplitude e profundidade;
- ix.** qualificação de recursos humanos para atuação nos setores de interesse;
- x.** fiscalização e monitoramento de áreas de potencial impacto;
- xi.** investimento no extensionismo mineral como mecanismo para gestão da pequena e média mineração, visando adequar operações de mineração informais e ilegais;

Tais direcionadores podem convergir para importantes indicadores a respeito da consolidação de políticas públicas nacionais e contribuir para o posicionamento do Brasil no cenário internacional de exploração, processamento e aplicação dos minerais críticos e estratégicos.

5.1 Perspectivas para o setor mineral brasileiro

Os materiais críticos ou estratégicos tendem a exigir das grandes mineradoras maior flexibilização dos processos de modo a diversificar a aplicação de espécies minerais, adequação de maquinário (em porte e tipo), reorientação da escala produtiva com incentivo à startups, micro e pequenas empresas focadas em inovação e compartilhamento de infraestrutura.

Percebe-se a importância da estruturação de novos modelos de negócios, baseados nos princípios de circularidade tendo como meta o atendimento às demandas para uma economia de baixo carbono. Da mesma forma,

a integração da cadeia de valor tende contribuir para um maior grau de compartilhamento de informações e, ao mesmo tempo, desenvolvimento de mecanismos para a segurança dos dados e atendimento à diversificação da demanda produtiva que, por sua vez, necessita de desenvolvimento tecnológico para lograr eficiência.

Assim, se materializa a importância de investimentos no setor quanto ao estabelecimento de contrapartidas financeiras para PD&I, a exemplo de países europeus, do Estados Unidos e, principalmente, da China (Castro *et al.*, 2022). Para atendimento às demandas sociais, ambientais e econômicas, alianças governamentais e consolidação de estratégias empresariais harmonizadas com as políticas públicas podem viabilizar a integração das ações e o planejamento de médio e longo prazo

A flexibilidade dos processos voltados para a transformação de materiais críticos e estratégicos devem, contudo, atender aos requisitos ambientais sob pena de não atingir as metas propostas para a descarbonização até 2050. A matriz energética limpa e integrada posiciona o Brasil em posição de destaque e com vantagem competitiva quanto às metas de carbono neutro. No entanto, ainda é incipiente a estruturação de canais de investimento no setor, visando agregar valor ao material estratégico e crítico.

A transição energética e ecológica emerge a partir da premência na busca por soluções sustentáveis para a redução dos impactos das mudanças climáticas. O elevado grau de incerteza que se estabeleceu a partir dos recentes eventos climáticos e os respectivos impactos derivados da emissão de GEE, resultante da queima de combustíveis fósseis, motivam a busca por fontes alternativas de energia e aumento da eficiência de geração energética. Neste cenário, as baterias elétricas ganham espaço e as soluções de mobilidade parecem encontrar nas células de combustível uma solução tangível.

No quesito de eletrificação e mobilidade, a proposta de soluções híbridas parece melhor se adequar ao propósito inicial de redução dos impactos oriundos da emissão de GEE, por apresentar maior flexibilidade para prover algum equilíbrio à necessidade de oferta para atender a demanda em formação.

O Brasil ocupa posição de destaque no cenário presente e, em um futuro próximo, por possuir a matriz energética mais limpa do globo, além de potencial de exploração de minerais de importância econômica como ferro, nióbio e alumínio. Mesmo minerais com reservas mais modestas como lítio, manganês e titânio podem ser potencializadas pela baixa emissão de carbono em aplicações com alto potencial tecnológico.

5.2 Perspectivas para a circularidade

○ caso emblemático da reciclagem de latinhas de alumínio no Brasil posiciona o país na liderança de uma cadeia de valor inovadora. Com expertise que vem sendo desenvolvida desde a década de 1990, o processo resulta em exitosos indicadores de circularidade com a redução de 70% da demanda mineral da bauxita, 65% do consumo de água e 70% das emissões de GEE. O modelo adotado pode servir de exemplo para outros insumos e, desta forma, ampliar a diversidade de atuação em economia circular, particularmente para os recursos minerais.

Exemplos de processos produtivos do setor mineral que já praticam os princípios da economia circular são a reciclagem de latinhas de alumínio que com significativo percentual de 99% em 2022 no Brasil já resultam em uma parcela significativa de reciclagem, reduzindo a demanda por recursos minerais na produção do alumínio. Em menor escala, com significativa eficiência, a empresa NEXA Resources, em sua unidade em Juiz de Fora (MG) realiza a recuperação de zinco a partir de pilhas pós-consumo. Com o processamento de 200 toneladas de pilhas em 2021, a empresa recuperou mais de 37 toneladas de zinco a partir de fontes secundárias.

A Gerdau já possui processos produtivos que chegam a processar 50% de sucata como insumo. Uma atuação destacada e que tem servido de exemplo para outros agentes que atuam em sua cadeia produtiva, com o intuito de aumentar os volumes de processamento de sucatas.

Dentre os materiais críticos e estratégicos, o nióbio é o que possui menor grau de circularidade em razão, principalmente, da sua atuação como composto que contribui para a performance de materiais e não como material para a composição prioritária em volume de produtos acabados, como é o caso do ferro ou alumínio.

Dentre as empresas consultadas, percebe-se que não é imediata a identificação da própria atuação como procedimento compatível com os princípios da economia circular. A ausência de aplicação ou adequação de métricas para a mensuração da circularidade no setor pode representar um dos principais entraves.

5.3 Qualificação de recursos humanos

A qualificação de pessoal para o desenvolvimento de atividades que exijam habilidades específicas ou novas competências podem comprometer a lucratividade no setor mineral. A adoção de tecnologias digitais favorece os resultados de alta confiabilidade e no curto prazo, mas exige pessoas com maior grau de qualificação do que usualmente encontrado no setor. A formação nas áreas de química industrial, modelagem matemática e computação são alguns dos perfis a serem priorizados nos próximos anos.

A demanda por mão-de-obra qualificada não se restringe às formações de nível superior, ao contrário, maior demanda do setor empresarial se concentra em qualificação a partir do ensino técnico profissionalizante como preparação para a mão de obra.

Estima-se ainda que 14% dos empregos no setor sejam ocupados por mulheres, com tendência a aumentar a participação feminina no setor nos próximos anos em alinhamento com os ODS e critérios de diversidade. A baixa maturidade de mercado dos empreendimentos com minerais críticos e estratégicos pede perfis profissionais diversificados e novas formações. Para tanto, deve-se considerar a necessidade de qualificação de mão de obra para atender um novo perfil profissional com o nível de automação das minas relacionado às tecnologias de Indústrias 4.0., transição energética e inteligência artificial. Temas associados que definirão os novos paradigmas de atuação dos perfis profissionais. A automação de processos, por sua vez, passa a exigir uma infraestrutura compatível, como suprimento de energia e tecnologia 5G.

5.4 Áreas de investimento em PD&I

Os materiais críticos e estratégicos, apresentam um conjunto próprio de características, conforme relação não exaustiva apresentada abaixo, que requer, para o fomento, um conjunto próprio correspondente de estratégias, iniciativas e instruções regulatórias, autorregulatórias e de fomento. Algumas propostas provocativas e potencialmente impactantes para o setor privado, que surgem no contexto e ambiente da dinâmica dos minerais/materiais críticos, são apresentadas a seguir.

- Os desafios tecnológicos pedem infraestruturas compartilhadas, incentivando a aceleração de iniciativas incubadas e desenvolvimento de soluções com maior nível de maturidade tecnológica.

- Modelos de negócios que contemplam cadeias produtivas integradas pedem mudança radical nos sistemas de planejamento e gestão. Estudos de mercado para o desenho dos modelos de negócios pedem levantamentos das cadeias produtivas.
- Propõe-se que o modelo de negócios para MCE adote, como *benchmarking*, a verticalização necessária ou compatível com a situação do mercado. Por exemplo, a especialização da cadeia produtiva do minério de ferro não se mostra economicamente atraente no cenário nacional em razão da baixa competitividade para produtos com maior valor agregado, frente ao mercado internacional.
- A dinâmica de inovação disruptiva das cerâmicas avançadas antecipa o que deve ocorrer com os minerais/materiais críticos nas próximas duas décadas. A ANFAVEA, por exemplo, identifica a certeza na eletrificação dos automóveis no Brasil, mas não o mesmo quanto à tecnologia das baterias. Como exemplo, a inovação das tecnologias para baterias com alto risco de substituição do lítio, inviabilizando modelos de negócio em larga escala.

Internacionalmente, o incentivo à pesquisa e desenvolvimento nos países desenvolvidos aporta recursos na casa de centenas de milhões, possibilitando o amadurecimento cadenciado dos processos tecnológicos com participação coordenada de entes governamentais, empresas produtoras, institutos de pesquisa e a academia. No Brasil, iniciativas experimentadas por empresas como VALE, CBMM e Baterias Moura, por exemplo, têm motivado as parcerias necessárias para o desenvolvimento da cadeia de valor e o estabelecimento de processos produtivos avançados no país.

Diante das experiências exitosas, propõe-se o investimento em PD&I nas seguintes áreas:

- 1.** Avaliação do potencial de exploração e transformação de insumos minerais considerando-se a vocação mineral, que consiste na dotação mineral juntamente com o potencial tecnológico para a exploração e transformação;
- 2.** Desenvolvimento de tecnologias para exploração e transformação de minerais estratégicos com o objetivo de aumentar o nível de maturidade tecnológica de produtos e processos;
- 3.** Desenvolvimento de ferramentas, processos e maquinários para compor a infraestrutura de processamento de minerais estratégicos.

5.5 Marco regulatório

A dinâmica acelerada do segmento de minerais/materiais críticos pede processos rápidos de licenciamento para que não se perca o trem das oportunidades e dos momentos de inovação.

O início de operação das novas unidades com MCE, como novo paradigma empresarial, já deve operar “verde”, como o caso do lítio verde da Sigma e o lítio da SQL no Chile.

A escala das operações com MCE tipicamente tem escalas muito menores que os milhões de toneladas por ano das *commodities* metálicas, e pedem modelos de negócios próprios desenhados para as peculiaridades desse segmento.

O conhecimento geológico global ainda é limitado e antecipa, diante da escalada da demanda da transição energética, desequilíbrios no fornecimento em países e continentes diferentes; puxando as empresas para redes de suprimento e mercado.

As especificações para os embarques tendem a transcender as costumeiras análises químicas para parâmetros incomuns: morfológicos, processabilidade, funcionalidade, entre outros, e a alterar práticas desde a exploração.

O Brasil possui um marco regulatório genérico aplicável à mineração que envolve o Código de Mineração, a Lei que estabelece o recolhimento da CFEM, a Legislação Ambiental, dentre outras leis além de Normas infralegais. No caso de MCE, sugere-se que o país adote um tratamento específico, a exemplo do que outros países já fizeram, introduzindo políticas próprias com legislações que preservam e orientam o melhor uso e aproveitamento dos recursos minerais.

Desta forma, o marco regulatório poderia considerar:

- Rever as estratégias, práticas, fundamentos e paradigmas de exploração e aproveitamento.
- Conformar o perfil das equipes aos modelos de negócios, às cadeias produtivas e à internacionalização, com políticas de integração de cadeias no país.
- *Startup* e aceleração das operações já com certificação verde.

- Protagonizar, se associar e participar efetivamente de grupos nacionais e internacionais de cadeias produtivas de minerais e materiais críticos.
- Montagem de laboratórios que contemplem parâmetros da cadeia produtiva no sentido de obter avanços visando domínio tecnológico de elos faltantes na cadeia de valor.
- Liderança e referência em transição energética e ODS no âmbito da neoindustrialização.
- Participar da mobilização de atores territoriais em transição energética e os 17 ODS
- Certificação por meio de padrões internacionais para a responsabilidade social e ambiental como o *Towards Sustainable Mining* (TSM), desenvolvido pela *Mining Association of Canada* (MAC) ou a *Initiative for Responsible Mining Assurance* (IRMA).

A integração de cadeias de materiais críticos e estratégicos no país, significa garantir o domínio tecnológico de todos os elos necessários desde o insumo mineral até o produto final que se deseja produzir, considerando a necessidade do país se posicionar nas cadeias globais de valor nesse cenário de transição energética. Para tanto, torna-se necessário que o país adote políticas públicas mínero-industriais abrangendo incentivos fiscais, linhas de crédito, melhorias no ambiente regulatório e de negócios, defesa comercial, apoio técnico e defesa comercial.

Propõe-se que nas regiões onde ocorram intensa atividade mineradora de minerais críticos, sejam estabelecidas políticas de fomento por meio de Zonas de processamento de Transformação Mineral (ZPTM), com o governo estimulado a formação de arranjos produtivos de base tecnológica que possam impulsionar a integração das cadeias produtivas.

5.6 **Análise estratégica dos minerais críticos e estratégicos**

Minerar e processar os MCE resulta em maior ou menor grau de complexidade em razão de aspectos geopolíticos, econômicos e das características das regulamentações. Países como Canadá e Austrália se assemelham ao Brasil por características como extensão territorial e

dotação mineral. No entanto, esses países se diferenciam do Brasil em razão da densidade populacional e parque industrial.

Desta forma, a partir da estruturação da matriz Swot, foi possível uma análise mais detalhada do potencial de exploração dos MCE como subsídio ao planejamento estratégico e tomada de decisão, conforme elementos apresentados a seguir.

Economicamente, a agregação de valor aos minerais críticos e estratégicos pode resultar no aumento das receitas de exportação e na diversificação da base econômica do Brasil. Socialmente, pode fomentar a criação de empregos e o desenvolvimento de competências técnicas avançadas. Do ponto de vista ambiental, o processamento local pode resultar em práticas de mineração mais controladas e sustentáveis, além de encurtar as cadeias de suprimento, reduzindo a pegada de carbono. Mas para que a agregação de valor se desenvolva ao longo da cadeia de valor da mineração brasileira é indispensável uma política industrial específica pautada tanto no setor mineral, quanto na consolidação do setor industrial, fortalecimento de PD&I e na estruturação dos mecanismos fiscais e tributários.

O estabelecimento de parcerias estratégicas pode atrair indústrias que contribuam para a verticalização da cadeia produtiva em setores que hoje demandam aporte tecnológico e investimentos financeiros. Desta forma, gerando empregos e agregando valor a partir do processamento de minerais que combinem a dotação mineral nacional com potenciais mercados para a produção mineral e bens acabados.

O mapa estratégico (Matriz Swot) consolida os principais elementos que constituem vantagens competitivas e desafios a serem considerados em uma perspectiva para agregar valor aos minerais/metais estratégicos, críticos ou avançados que o Brasil extrai ou poderá extrair em seu território. Os aspectos que compõem os elementos classificados como forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, são apresentados a seguir.



AMBIENTE INTERNO

FORÇAS:

1. Oferta de minerais críticos e estratégicos para a transição energética e transformação ecológica alinhada às demandas internacionais: o Brasil possui dotação mineral para vários minerais críticos e estratégicos, destacando-se nióbio, grafita, níquel, cobre, manganês e recentemente o lítio, do qual o país se tornou o 5º maior produtor mundial. Tem o po-

tencial de protagonismo na produção de terras raras, nas quais o Brasil é o 3º no ranking mundial em reservas minerais.

2. Matriz elétrica baseada em fontes prioritariamente renováveis com oferta local de insumos: o Brasil consolida a matriz energética mais sustentável do planeta, baseada em recursos renováveis e com baixo risco de suprimento em razão da oferta de local de insumos.
3. Consolidação de um marco legal orientativo a partir da política industrial: existência de um quadro legal abrangente para o setor mineral, mas requer debates para equilibrar exploração e industrialização.
4. Existência de um sistema de C&T apto a ser demandado pelo setor produtivo: potencial para inovação no setor mineral, com instituições de ensino superior e centros de pesquisa.
5. Rede de fornecedores tecnológicos: presença de uma rede qualificada de fornecedores é crucial para o avanço das cadeias produtivas minerais.
6. Existência de um sistema mínimo de fornecedores de bens e serviços de base tecnológica: a disponibilidade de unidades produtivas e prestadores de serviços especializados que compõem e consolidam a cadeia de valor para MCE no país.

Verifica-se a necessidade de um debate mais aprofundado a respeito das pré-condições necessárias e da modalidade de inserção brasileira nesse amplo mercado que se abre com a expansão da demanda por minerais para a transição energética.

Pouco se conhece sobre as reais perspectivas de competitividade das empresas brasileiras nessa acirrada competição global, levando em conta ainda que os países avançados (em particular os “majors”) têm dado ampla demonstração de defesa implacável de sua indústria, para proteger seu desenvolvimento e sua hegemonia.

Exemplos internacionais apontam que para induzir a industrialização doméstica é preciso limitar a exportação *in natura*, a exemplo do que faz a China, a Indonésia, a Índia, ou incentivar a transformação à jusante, como estão fazendo a Austrália e o Canadá. No entanto, parte dos empresários brasileiros do setor mineral não qualificam como risco o status nacional de exportador de *commodities* minerais. Portanto, embora a existência de um marco legal orientativo se destaque como uma força endógena, ainda há lacunas a serem preenchidas e uma longa trilha a ser traçada, a fim de que o Brasil apresente um norte claro ao segmento empresarial e aos

demais atores que fazem parte do grupo de interesses dessa temática, sobre qual o caminho seguir.



O QUE FAZER PARA POTENCIALIZAR AS FORÇAS?

- Investir no fortalecimento dos sistemas de C&T da área mineral PD&I para ampliar o conhecimento geocientífico do país, descobrir novos depósitos, desenvolver novas minas e processamento de minerais com mais eficiência e sustentabilidade.
- Ampliar as parcerias Empresas — Centros de Pesquisa — Universidades — novos processos, produtos e soluções tecnológicas para questões socioambientais
- Definir com clareza os objetivos estratégicos e as metas de uma política nacional para agregação de valor aos minerais da transição energética.
- Definir claramente quais instrumentos serão adotados para o alcance das metas.

FRAQUEZAS:

1. Conexão fraca na cadeia produtiva: integração insuficiente entre mineração, transformação mineral e indústria de bens finais.
2. Escassez de indústrias avançadas: falta de indústrias que utilizem produtos intermediários de MCE.
3. Colaboração limitada em PD&I: pouca interação entre empresas, universidades e centros de pesquisa.
4. Ausência de política industrial: necessidade de uma política clara e robusta para a transição energética e agregação de valor no setor mineral.

De acordo com entrevista com o CEO da CBL, que prefere chamar de “minerais avançados” aos minerais da transição energética, a empresa exporta 90% de sua produção sob a forma de concentrado de lítio, oriundo do minério de espodumênio (5,8% de lítio), voltado para o segmento das baterias, a partir do qual há mais retorno financeiro na atualidade, segundo o CEO. A empresa é pioneira no Brasil na conversão química do produto em

carbonato e hidróxido de lítio, ou seja, ela já tem *know-how* para produzir os bens intermediários da cadeia produtiva do lítio e, de fato, já atende a 100% da demanda nacional desses bens que tem usos desde a indústria de graxas até de medicamentos. Mas esse mercado absorve apenas 10% da produção da CBL.

As empresas da região do Vale do Jequitinhonha (MG) estão focadas na exportação do mineral bruto - o concentrado de espodumênio - pois é esse o produto que o mercado internacional está demandando para o segmento das baterias elétricas. Justamente porque os importadores querem fazer internamente a conversão química e as etapas seguintes.



COMO TRANSFORMAR ESSA FRAQUEZA EM FORÇAS?

- Definir com clareza as diretrizes, os objetivos e as metas da nova política industrial para os minerais estratégicos, incluindo os recursos financeiros necessário (definindo a origem das fontes de recursos) e os instrumentos de política a serem adotados
- Iniciar com ações de capacitação e de estímulo ao avanço de PD&I empresas IES.
- Repensar alternativas para tornar mais eficaz o diálogo: governo, empresa e centros de pesquisa.

AMBIENTE EXTERNO

OPORTUNIDADES:

1. Demanda global crescente: a transição energética global aumenta a demanda por minerais estratégicos e críticos. Uma oportunidade, por exemplo, é a definição da União Europeia de não depender de mais de 65% de um país, ou os acordos entre países prevendo o desenvolvimento de fornecedores, assim como as Parcerias de Segurança Mineral citadas neste trabalho.
2. Ambiente institucional favorável: consciência sobre a necessidade de políticas sustentáveis e robustas.

3. Suporte do MDIC e BNDES: disponibilidade de recursos financeiros para a transição energética, especialmente com o lançamento do plano Nova Indústria Brasil (NIB).
4. Investimentos sustentáveis: crescimento no interesse por investimentos verdes, com o Brasil liderando em empréstimos verdes na América Latina.

Nos distintos fóruns institucionais, políticos, econômicos e acadêmicos sobre o tema, os atores convergem quanto à necessidade de se criar políticas robustas, consistentes e atualizadas para transitar a uma economia mais sustentável, descarbonizada e que contribua para superação dos grandes desafios que a economia global e, particularmente, a brasileira enfrentam quanto à transição energética.

incentivo para ampliar a descarbonização dos combustíveis, projeto de lei dos “combustíveis do futuro”, que prevê incentivo de novas tecnologias para abastecer o setor de transporte com menos emissão de gases poluentes, como o etanol e outros biocombustíveis. Porém esse movimento não está em sintonia com o que a atitude da maior parte dos países para descarbonizar o setor de transporte, que tem optado pela eletrificação.

Ou seja, o contexto particular do Brasil é muito distinto dos outros países, já que a matriz energética é mais limpa (47% de energia total e 88% da elétrica) e para a matriz de transporte há o etanol e os biocombustíveis, para os quais não se quer abrir mão. Esse será um grande dilema a ser enfrentado pela nova política de industrialização.

O BNDES, por seu turno, joga um peso importante na transição energética por meio de apoio a projetos que evitam a emissão de milhões de toneladas de CO₂; e de celebração de parceria estratégicas, como a realizada com a Petrobrás, se coloca em uma posição central quanto ao financiamento e desenvolvimento das matrizes energéticas no Brasil. No caso da Petrobras, o objetivo é:

“produzir sinergia em quatro áreas prioritárias: desenvolvimento produtivo e inovação; transição energética e descarbonização; planejamento e estudos; e governança corporativa.(...) a subcomissão de transição energética e descarbonização visa avaliar medidas operacionais para reduzir as emissões de carbono de operadores, refinadores e fornecedores da cadeia de óleo e gás. O objetivo é fortalecer biorrefino, biofertilizantes, biodiesel e biogás”.

Para o presidente do BNDES, a matriz energética limpa é o futuro, ressaltando a centralidade do Banco no financiamento e desenvolvimento das

matrizes energéticas eólica e solar no Brasil. As iniciativas para minerais estratégicos e críticos estão para ser definidas. Já houve o anúncio recente de Fundo com a participação de R\$ 250 milhões do BNDES, de um total de R\$ 1 bilhão, para apoiar a pesquisa mineral de minerais estratégicos e críticos, prevendo-se financiar cerca de 20 empresas.

Há R\$ 20 bilhões do BNDES para financiar a inovação tecnológica com taxa de juro de 1,7% ao ano e mais R\$ 40 bilhões da Finep, para os próximos quatro anos, no âmbito da Nova Indústria Brasil (NIB). Importante acompanhar e articular para que haja apoio específico ao segmento de minerais para a transição energética. Sobre greenbonds, títulos lastreados em projetos sustentáveis, não há ainda definição de seu lançamento.



ASSIM, A PARTIR DESSAS CONDIÇÕES FAVORÁVEIS, A QUESTÃO QUE SE COLOCA É COMO TIRAR VANTAGEM E BEM APROVEITAR AS OPORTUNIDADES?

- Avançar na criação de normativas claras.
- Difundir a política do BNDES e inserir pequenas e médias empresas que agregam valor aos bens estratégicos, além dos fornecedores.

AMEAÇAS:

1. Concorrência global: competição acirrada no cenário geopolítico atual.
2. Política macroeconômica desafiadora: juros altos e instabilidade econômica afetam o setor
3. Incertezas na demanda futura: variação nas projeções de demanda por minerais estratégicos.
4. Conhecimento tecnológico sob domínio de empresas transnacionais: Empresas transnacionais detêm grande parte do conhecimento tecnológico de processos e de fornecimento de infraestrutura e maquinário
5. Impactos socioambientais: exploração e produção mineral pode levar a conflitos territoriais e desafios ambientais.
6. Baixa qualificação de mão-de-obra: a escassez de mão-de-obra capacitada e especializada para atuar na cadeia de valor.

Com as mudanças geopolíticas, os países estão menos propensos a riscos e a discussão sobre protecionismo e políticas industriais retomam espaço importante, no sentido de salvaguardar os interesses nacionais. Isso tudo em um contexto da indústria 4.0, digitalização, inteligência artificial e descarbonização da economia que impõem novos desafios à política de industrialização ao comércio exterior no Brasil. O que era percebido como benefício da globalização (fragmentação das cadeias de valor), além do enfraquecimento da OMC, deu espaço para percepção dos riscos. A percepção muito clara da emergência climática e a prevalência das diferentes seguranças: climática, alimentar, econômica, energética etc. O que tem feito os países revisarem suas estratégias de política industrial, muito mais protecionista, e o comércio internacional se tornar muito mais um fator de risco do que um fator gerador de oportunidades.

Os países entraram em um processo de corrida ativa na oferta de subvenções às indústrias da transição energética, com a forte retomada da participação do estado na economia, principalmente daqueles países que estão em condições de oferecer mais e melhores benefícios ao setor produtivo, como EUA, China, União Europeia, países que estão ofertando pacotes extremamente generosos.



COMO SE DESVIAR DAS AMEAÇAS?

- Fica evidente a forte necessidade de políticas públicas proativas, tanto para definir as diretrizes sobre o que fazer, bem como quais instrumentos serão usados para isso.
- Há que ter folga fiscal para implementar as políticas necessárias, talvez algo como combustíveis fósseis financiando energia limpa.

Tabela 24: Matriz Swot.

FORÇAS	FRAQUEZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Oferta de MCE para a transição energética e transformação ecológica alinhada às demandas internacionais • Matriz elétrica baseada em fontes prioritariamente renováveis com oferta local de insumos • Consolidação de um marco legal orientativo a partir da política industrial • Existência de um sistema de C&T apto a ser demandado pelo setor produtivo • Existência de um sistema mínimo de fornecedores de bens e serviços de base tecnológica 	<ul style="list-style-type: none"> • Conexão limitada entre mineração, transformação mineral e indústria de bens que demandam MCE • Escassez de indústrias de ponta que demandem produtos intermediários com base em MCE • Colaboração limitada em PD&I entre as empresas, centros de pesquisa e universidades • Ausência de política industrial voltada ao fomento e à agregação de valor no país • Falta de priorização em investimento público para o fortalecimento de instituições de PD&I • Deterioração das condições de operação de órgão reguladores do setor
OPORTUNIDADES	AMEAÇAS
<ul style="list-style-type: none"> • Demanda global crescente por MCE para a transição energética • Ambiente político institucional favorável ao debate do tema • MDIC e BNDES demonstram possuir instrumentos e capital necessários ao fomento de políticas públicas para a transição energética no Brasil • Tendência de crescente interesse de investidores e disponibilidades de novos instrumentos financeiros voltados ao mercado verde ou investimentos sustentáveis 	<ul style="list-style-type: none"> • Concorrência global acirrada em um cenário geopolítico de insegurança e crescente competição • Política macroeconômica de juros altos e falta de previsibilidade nas ações • Incertezas sobre a demanda futura • Conhecimento tecnológico sob domínio de empresas transnacionais • Potenciais conflitos territoriais e impactos socioambientais decorrentes do avanço do aproveitamento de jazidas de MCE, sobretudo na Amazônia • Baixa qualificação de mão-de-obra

Fontes: IBRAM, 2023; Brasil Mineral; 2023; Sonteret al., 2023; WEF, 2023; ETC, 2023; IEA, 2023, webinars com especialistas, reuniões e entrevistas.

5.7 Análise Prospectiva – um esboço de cenarização

A partir dos elementos evidenciados pela matriz SWOT emergiram dois condicionantes críticos, isto é, aquelas variáveis com grande poder de determinação sobre o futuro da agregação de valor aos bens minerais, quais sejam: 1) a dinâmica da demanda e da oferta dos minerais estratégicos para a transição energética e 2) a capacidade nacional para formular e implementar políticas efetivas que induzam a agregar valor a esses bens minerais.

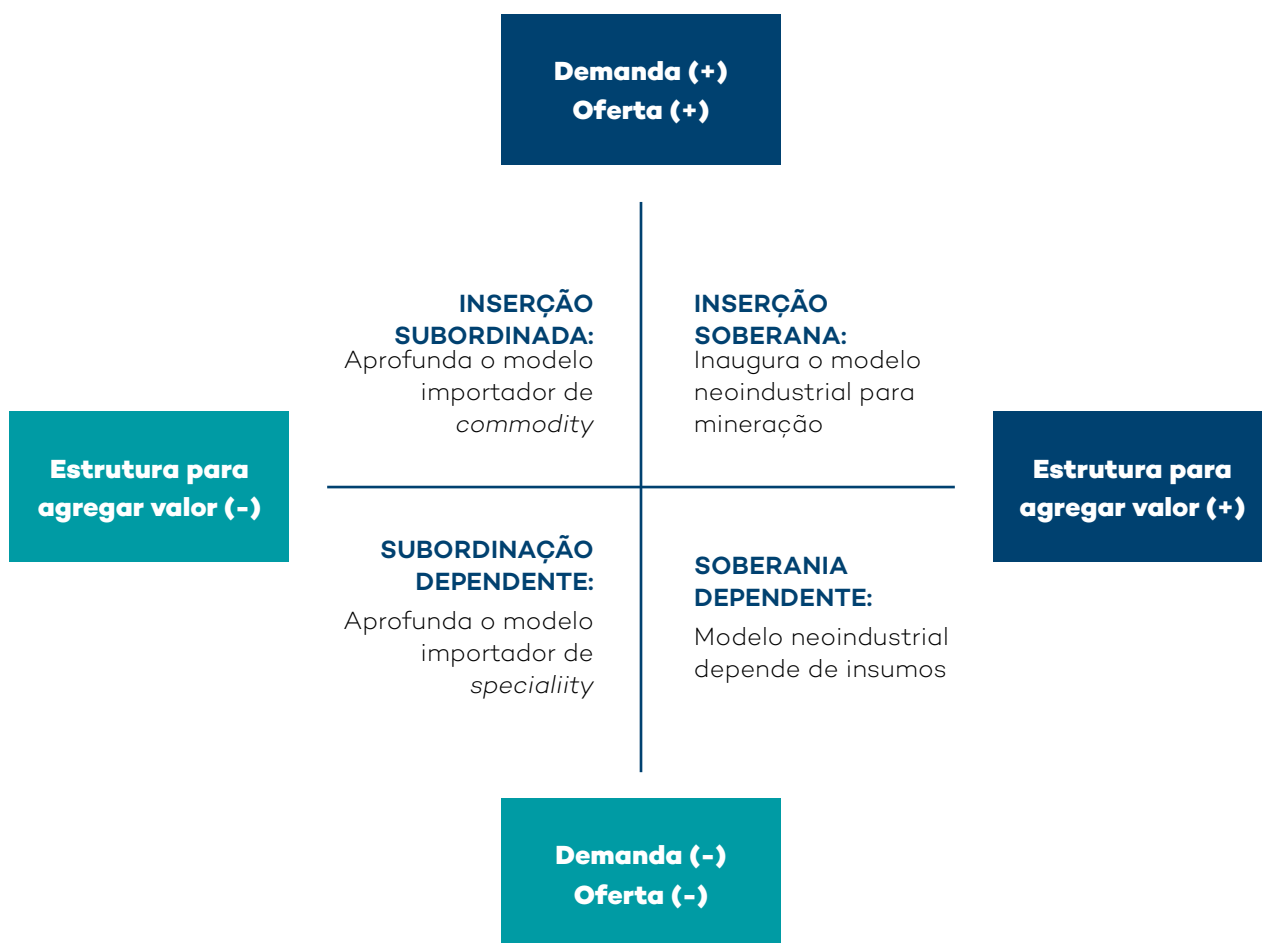
Da tensão entre demanda e oferta e a conseqüente orientação dos preços, muitas decisões empresariais são tomadas, ou não. Há uma certa convergência de que no curto prazo haverá um descasamento entre a demanda crescente e a oferta, que não conseguirá atender a tempo, mas que no médio prazo, com a maturação dos investimentos, pode, inclusive haver uma superoferta para algumas categorias de bens minerais.

Então será preciso estar atento para essa transição, pois esse equilíbrio entre preço e demanda pode estar crescente ou em baixa. Além disso, as atuais tendências mostram pela dinâmica dos investimentos estrangeiros que o mercado externo está interessado não em bem finais, mas nos insumos, ou seja, nas primeiras etapas das cadeias de valor.

Outra variável crítica é a capacidade nacional de formular e implantar políticas, planos, projetos, ferramentas, financiamento, monitoramento etc. Ou seja, o interesse e a capacidade nacional, para induzir a industrialização desses bens minerais em território nacional. Essa capacidade pode ser alta ou baixa. Dessa forma, a partir de diferentes combinações entre oferta/demanda e estrutura para agregar valor (Figura 79) pode-se estabelecer, em princípio, quatro cenários, com os seguintes pressupostos:

- I. inserção soberana** - Este cenário inaugura o modelo neointustrialização para mineração e transformação mineral no Brasil
- II. inserção subordinada** - Reforça o modelo exportador de *commodity*
- III. subordinação dependente** - Reforça o modelo importador de *speciality*
- IV. soberania dependente** - Indústria dependente de insumos

Figura 79: Cenários de agregação de valor.



O Cenário I – Inserção Soberana

neste cenário tanto o mercado é favorável quanto o Governo tem sucesso em implementar políticas para agregação de valor. Foi verificado que há importantes forças que tem convergido para isso, tanto no plano político quanto no segmento empresarial e ainda nos estudos acadêmicos. Há autores que advogam que a corrida para acessar e processar os MCE tem gerado interesse para além do setor extrativo, dominando as agendas e contribuindo para elevar a consciência da importância desse momento, tanto para a segurança global como para a redução da dependência dos combustíveis fósseis por parte da humanidade (Marlow, 2023). O autor destaca que esta deverá ser uma oportunidade significativa para redesenhar as relações entre as nações produtoras, a indústria extrativa, os fabricantes, o setor tecnológico e os consumidores, ressalta que, se bem-feita, uma política industrial bem concebida poderá redefinir trajetórias, em ambas as frentes.

O Cenário II – Inserção Subordinada

É o modelo business as usual, com forte componente inercial, que reforça o modelo exportador de *commodities* já em curso no Brasil e em alinhamento com os fortes interesses que predominam globalmente, no qual o centro dinâmico do capitalismo global continua dominando pelos EUA, União Europeia e China, os denominados “majors”. Nesse Cenário, a China mantém firme seu protagonismo, por dominar o processamento dos principais MCE, e de seu forte protagonismo em equipamentos e produtos finais, como os carros elétricos e híbridos que empresas chinesas, a exemplo da BYD, já produzem no Brasil. A acirrada corrida tecnológica e as barreiras à entrada de produtos que não os “majors” não têm chances de ser inserido no mercado global.

O Cenário III – Subordinação Dependente


O estado brasileiro não consegue ter sucesso na política de agregação de valor, muita embora a demanda por minerais estratégicos, e até por produtos processados, seja crescente. Representa oportunidades perdidas por falta de organização interna e liderança para gerar coalizão em torno da necessidade de avançar na industrialização dos minerais existentes em território nacional. Neste Cenário o que predomina é modelo importador de “speciality”, ou seja, dos produtos finais feitos a partir dos minerais estratégicos.

O Cenário IV – Soberania Dependente

O Brasil consegue obter sucesso para implantar políticas especialmente voltadas para agregação de valor aos minerais, mas o mercado não absorve, quer seja por desestruturação da oferta, que seja por falta de interesse da demanda. Um dos fatores críticos da oferta é o acesso às áreas de mineração e a realização da produção dentro das normas ESG e padrões internacionais. Sabe-se cerca de 20% das reservas de minerais estratégicos estão em território Amazônico, que atualmente é o locus de preocupações internacionais e nacionais quanto à manutenção da floresta em pé e de suas recomposições, enquanto uma das principais armas para a ação climática.

Finalmente, as análises prospectivas são apenas especulações acerca de um futuro incerto, mas elas permitem antecipar situações e, em tese, melhor preparar as estratégias e táticas para lidar com os desafios reais. Pode que ser nenhum desses Cenários se concretize, ou uma combinação deles, mas eles apresentam elementos que nos fazem refletir e estar mais bem capacitados para tomada de decisão.

5.8 Subsídios e propostas para a uma política de minerais críticos e estratégicos

 Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) e o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) apresentam, a partir da consolidação das informações e análises apresentadas, um portfólio com 41 propostas consolidadas em três eixos de ação:

1. Garantir a confiabilidade e a resiliência,
2. Promover exploração, produção e inovação, e
3. Incentivar práticas sustentáveis e responsáveis.

As propostas compõem um portfólio de subsídio ao desenho e desenvolvimento de diretrizes e de uma política para os minerais estratégicos no país. As propostas que representam maior potencial à agregação de valor foram identificadas com asteriscos.

5.8.1 **EIXO I** Garantir a confiabilidade e a resiliência

I. **Política: Plano Estratégico** **Assegurar os recursos da CFEM destinados à ANM e ao IBAMA**

- **Objetivo:** Articulação política com o objetivo de que se cumpra a Lei 13.547 de 2017 e a ANM e o IBAMA possam receber os recursos estabelecidos legalmente.
- **Justificativa:** Um pressuposto fundamental para o aprimoramento do setor de mineração é o bom funcionamento dos órgãos de regulação e controle. Apesar do apoio contínuo do MME, do Congresso Nacional e do setor produtivo, a ANM não logrou ainda os 7% da CFEM conforme determinado pela Lei 13.547. O mesmo acontece com o IBAMA, que deveria receber 0,02% da CFEM.
- **Ações:** Articulação do MME e Congresso e setor produtivo para assegurar os recursos da CFEM para a ANM e o IBAMA.

- **Instrumentos:** Lei Complementar para que os recursos da CFEM aos destinatários previstos em lei.

II. Política: Plano Estratégico

Desenvolvimento de plano de curto prazo para agregação de valor aos minerais estratégicos

- **Objetivo:** Definir os objetivos estratégicos, as metas, bem como os instrumentos que serão adotados nos próximos anos para o alcance destas no bojo de uma política nacional para agregação de valor aos minerais da transição energética.
- **Justificativa:** A necessidade de sistematização das políticas visando a agregação de valor, considerando a convergência de diferentes políticas: ambiental, de CT&I, educacional, tributária etc.
- **Ações:** Articulação do MDIC e BNDES com a participação do MME, MCTI e setor produtivo para formatar um plano de curto prazo.
- **Instrumentos:** Portaria interministerial.

III. Política: Plano Estratégico

Política de minerais estratégicos e ESG

- **Objetivo:** Elaborar um decreto para uma nova regulamentação ou revisão da Política Pró-Minerais Estratégicos, com o objetivo de integrar a adoção dos princípios ESG como condição prévia para que um projeto obtenha apoio institucional na aceleração do processo de licenciamento ambiental; contribuindo tanto para aumentar a qualidade do projeto, quanto para minimizar os obstáculos que possam surgir durante seu desenvolvimento posterior.
- **Justificativa:** Após a habilitação do projeto, com sucesso razoável em nível federal, enfrenta-se frequentemente dificuldades no âmbito estadual ou no judiciário para agilizar o licenciamento ambiental. Acredita-se que projetos alinhados aos princípios ESG terão maior credibilidade nos trâmites estaduais e na obtenção da “licença social para operar”. **Ações:** Articulação com o MME. Pode ser benéfico incluir nas reuniões de apreciação dos projetos representantes do MMA e do MDIC, bem como possibilitar a participação de partes interessadas no projeto, com o propósito de buscar o consenso e garantir a “licença social para operar” desde o início do projeto.

- **Instrumentos:** Decreto novo ou Modificação do Decreto 10.657 de 2021 que instituiu a Política Pró-Minerais Estratégicos.

IV. Política: Plano Estratégico

Agilizar as rodadas de disponibilidade de áreas para pesquisa mineral

- **Objetivo:** Aprimorar o processo de disponibilização de novas áreas para pesquisa por meio de editais de modo regular com o objetivo de dinamizar a atividade de pesquisa mineral.
- **Justificativa:** A ANM desempenha um papel fundamental na gestão dos recursos minerais, incluindo a regulamentação e a disponibilização de áreas para pesquisa mineral, seja devido ao vencimento de títulos minerários anteriores ou à falta de exploração prévia. A ANM publica editais para que empresas interessadas apresentem propostas de pesquisa mineral nessas áreas. No entanto, tem havido períodos prolongados sem publicação de editais. A superação de eventuais problemas técnicos e a regularidade e previsibilidade de rodadas de oferta de áreas podem acrescentar dinamismo ao setor.
- **Ações:** Articulação MME com ANM e setor produtivo para a definição de um processo regular.
- **Instrumentos:** Resolução ANM.

V. Política: Plano Estratégico

Agilizar a outorga de lavra para projetos de minerais estratégicos através de mecanismo similar às declarações de conformidade para barragens de mineração.

- **Objetivo:** Aprimorar o regulamento com o objetivo de agilizar a outorga de lavra pela ANM para projetos de mineração de minerais estratégicos, por meio de relatórios de conformidade análogos aos elaborados para as barragens de mineração. A conformidade sendo atestada por terceira parte, tanto dos Relatórios Finais de Pesquisa (RFP), quanto dos Planos de Aproveitamento Econômico (PAE), de acordo com termos de referência definidos pela ANM.
- **Justificativa:** A celeridade na outorga na ANM é fundamental para antecipar a implantação de projetos de mineração de minerais es-

tratégicos. A avaliação por profissionais ou empresas autorizadas, sobre as características do projeto, como teores e volume de recursos e reservas, resultados de ensaios de laboratório ou de planta piloto de processamento mineral e metalurgia extrativa, análises de resíduos, entre outras informações, confere credibilidade ao projeto e sugere maior probabilidade de sucesso. A outorga qualificada pela ANM pode contribuir (mas não garante) para agilizar o processo de licenciamento em outras instâncias.

- Ações: Articulação do MME com ANM, entidades do setor produtivo e a CBRR, assim como a Casa Civil ou Congresso Nacional para ajustar a regulamentação.
- Instrumentos: Resolução ANM.

VI. Política: Plano Estratégico

Câmara Técnica sobre minerais estratégicos e transição energética no âmbito do CNPM

- Objetivo: Estabelecer uma Câmara Técnica sobre Minerais Estratégicos e Transição Energética dentro do Conselho Nacional de Política Mineral (CNPM), ainda a ser criado, com a participação de ministérios com interesses no tema e de associações representativas o setor privado e da sociedade civil, com o objetivo de melhorar a coordenação das oportunidades e iniciativas sobre o tema.
- Justificativa: A questão dos minerais estratégicos e críticos e sua relação com a transição energética têm repercussões em diferentes setores da economia e da sociedade, ressaltando a necessidade de abordagem interministerial e extragovernamental.
- Ações: Articulação do MME os ministérios e agentes mais indicados para constituir a Câmara Técnica no âmbito do CNPM.
- Instrumentos: Resolução do CNPM.

VII. Política: Lista de Minerais Estratégicos

Critérios de enquadramento e de prioridades

- **Objetivo:** Incluir em uma nova política para minerais críticos e estratégicos a definição de critérios técnicos para enquadramento de minerais na lista e níveis de prioridades para os projetos habilitados.

- **Justificativa:** A política deve conter a definição de critérios técnicos de enquadramento (ou de remoção) de minerais na Lista oficial, assim como também definir níveis de prioridade dos projetos habilitados para receber o apoio institucional. Minerais destinados à transição energética com maior potencial de desenvolvimento devem tratados como um grupo destacado e merecedor de prioridade pois estão num momento de grande projeção de demanda mundial e nacional.
- **Ações:** Articulação MME, MCTI e MDIC para o desenvolvimento de um conjunto de critérios técnicos de enquadramento e de priorização de projetos apoiado em metodologia robusta de análise desenvolvida por especialistas.
- **Instrumentos:** Resolução do CNPM ou Portaria do MME.
- **Ações:** Desenvolvimento de um *roadmap* que identifique oportunidades para *powershoring*, bem como uma articulação MRE-MDIC-MME para atrair os investidores.
- **Instrumentos:** Decreto.

VIII. Política: Diplomacia Comercial e de C&T

Escritório de Negócios para divulgar o potencial brasileiro e atrair investimentos em projetos de agregação de valor aos minerais para a transição energética

- **Objetivo:** Criar um Comitê Interministerial, com a participação do MRE e APEX, operando com um escritório de negócios coordenado pelo Itamaraty, para divulgar o potencial brasileiro para players internacionais visando atrair investimentos para a implantação de projetos de mineração e transformação de minerais estratégicos e críticos.
- **Justificativa:** A iniciativa se justifica pelo desconhecimento internacional sobre as potencialidades brasileiras. O Comitê deve funcionar como um articulador de projetos, um escritório de negócios, seguindo modelo adotado pela Austrália. No Brasil, inicialmente, a liderança da iniciativa pode ser assumida pela APEX, em conjunto com o MRE. O foco é atrair para o Brasil investimentos em mineração e transformação mineral alinhados com nossa política de Estado sobre minerais estratégicos e críticos, aproveitando as oportunidades de parcerias para agregar valor localmente. Aproveitando novas oportunidades, como novas parcerias comerciais com União Europeia, que busca

diversificar suas importações, reduzindo a dependência de um só país, além de as oportunidades de powershoring, atraindo investimentos para um país com matriz energética mais limpa, como o Brasil, para a implantação de plantas industriais intensivas em energia (metalurgia, metalomecânica, cimento, fertilizantes etc.).

- **Ações:** Articulação envolvendo o MRE/APEX, MME, MDIC, MCTI e APEX para a criação do Comitê Interministerial.
- **Instrumentos:** Portaria Interministerial.

IX. Política: Diplomacia Comercial e de C&T Blocos econômicos e minerais estratégicos

- **Objetivo:** Criar Comitê com os objetivos de integrar os países membros de blocos econômicos como Mercosul, União Europeia (UE), Acordo Norte-Americano de Livre Comércio (NAFTA), Cooperação Econômica da Ásia e do Pacífico (APEC), visando formar uma aliança regional e fomentar investimentos em projetos colaborativos de conhecimento geológico, pesquisa mineral, em PD&I, sustentabilidade socioambiental e promover a produção e transformação de minerais críticos estratégicos na região, bem como coordenar avanços na cadeia global de transformação
- **Justificativa:** Diversas regiões ou blocos estão se organizando para cooperação sobre minerais estratégicos, como é o caso da União Europeia. Alguns dos países da América do Sul se destacam como produtores (ou potenciais produtores) desses minerais especiais, a exemplo da Argentina (Li e grande reserva de K); e os estados associados Chile (Cu e Li), Peru (Cu e P) e Bolívia (com grande reserva de Li). O Brasil, como liderança natural na região, pode promover uma aliança com ações de cooperação e articulação de empreendimentos empresariais complementares.
- **Ações:** Articulação entre o Ministério das Relações Exteriores (MRE) e os Ministérios de Minas e Energia (MME), Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) e Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). O Brasil, por meio de seus representantes, encaminha proposta de criação de comitê ou grupo de trabalho entre os países participantes de blocos econômicos e para opções de acordos bilaterais para que possam apresentar suas necessidades de ofertas nessa temática. Também é importante a articulação do Brasil, seja de forma bilateral ou com os blocos existentes, se integrando nos acordos em vigor neste formato.
- **Instrumentos:** Acordos de Cooperação.

X. Política: Investimento

Fomentar Unidade Industrial de separação de óxidos terras raras para agregação de valor

- **Objetivo:** Articular a criação de uma unidade industrial de separação de óxidos de terras raras, operando como uma central de processamento em uma parceria entre empresas mineradoras e/ou de empresas de transformação mineral, com ou sem a participação governamental (federal ou estadual), com o objetivo de agregar valor aos concentrados minerais ou aos concentrados químicos (a partir de argilas iônicas) produzidos pelas mineradoras.
- **Justificativa:** A atração de investimentos privados para a estruturação de unidades de agregação de valor na produção de ETR no Brasil exige a consolidação de infraestrutura, bem como a captação de clientes e criação de mercado. Desta forma, incentivando mineradoras do setor, em sua maioria médias empresas, preservem sua autonomia operacional e comercializem seus óxidos de terras raras de forma mais eficaz. A diversificação dos clientes e mercados resultante desta unidade minimiza os riscos industriais e comerciais, fortalecendo a resiliência do setor. Pretende-se um círculo virtuoso de valorização das Terras Raras extraídas no Brasil e a criação de empregos qualificados, contribuindo positivamente para a economia local. Do ponto de vista fiscal, o Brasil se beneficiará com a tributação sobre os lucros gerados pela venda dos óxidos de terras raras.
- **Ações:** Articulação MDIC-BNDES, MME, MCTI-Finep, Embrapii e estados com as empresas que estão desenvolvendo projetos de terras no Brasil para um estudo de viabilidade e modelamento do projeto.
- **Instrumentos:** Lei ou Decreto para criação do empreendimento (se houver participação governamental). Portaria para o estudo de modelamento do projeto.

XI. Política: Investimento

Fomentar Unidade Industrial para agregação de valor à cadeia do lítio

- **Objetivo:** Articular a criação de uma unidade industrial para conversão química de concentrados de espodumênio em carbonato ou hidróxido de lítio, para uso em baterias, por meio de uma parceria entre empresas mineradoras e/ou empresas especializadas em conversão química, com ou sem a participação governamental (federal

ou estadual), com o objetivo de agregar valor aos concentrados de espodumênio produzidos pelas mineradoras.

- **Justificativa:** Os projetos de mineração de lítio que começaram a operar recentemente estão voltados para a exportação de concentrados minerais de espodumênio, principal mineral portador do lítio nos pegmatitos encontrados no Brasil. O mesmo está previsto para os projetos em fase de desenvolvimento. Apenas a empresa CBL está avançando na transformação química, produzindo e exportando carbonato de lítio grau bateria e hidróxido de lítio. A criação de condições para a atração de investimentos privados para a agregação de valor à cadeia do lítio perpassa pela consolidação de linhas de incentivo econômico voltados para a estruturação e ampliação de rotas tecnológicas em estágio fabril para a produção de carbonato e hidróxido de lítio. Outra área estratégica a se investir é a captação de clientes, que decorre da qualidade e capacidade produtiva. Para minimizar os riscos industriais e comerciais e a resiliência do setor, é importante orientar os investimentos para a consolidação de manutenção ou até mesmo produção de maquinário, equipamentos, insumos e serviços especializados dentro do país, impulsionando o desenvolvimento industrial e tecnológico nacional. Destaca-se a importância da aplicação de incentivos fiscais para a produção mineral no setor, desenvolvimento de produtos finais no país, como baterias íon-lítio para veículos elétricos e acumuladores de energia
- **Ações:** Articulação MDIC-BNDES, MME, MCTI-Finep, Embrapii e estados com as empresas que estão desenvolvendo projetos de lítio no Brasil para um estudo de viabilidade e modelamento do projeto.

5.8.2

EIXO 2

promover a exploração, produção e inovação

- I. **Política: Financiamento Direto**
Debêntures incentivadas e letras de risco de crédito para financiamento de projetos de mineração
 - **Objetivo:** Ampliar instrumentos financeiros disponíveis para financiamento de projetos de mineração, tais como debêntures incentivadas e letras de risco de crédito, com o objetivo de viabilizar a captação

de recursos para o desenvolvimento de projetos de minerais para transição energética, de pesquisa mineral e implantação de projetos.

- **Justificativa:** Recentemente, foi anunciada a criação de fundo com a participação do BNDES e investidores privados para apoiar as empresas de pesquisa mineral, uma iniciativa inédita e promissora. Esta proposta de debêntures considera que diversos setores, como infraestrutura, agricultura e energia já utilizam debêntures incentivadas e/ou letras de risco de créditos, como instrumentos de captação de recursos. No entanto, o setor mineral não dispõe desses instrumentos, os quais garantiriam a injeção de recursos importantes do mercado financeiro nacional e internacional para a implantação de projetos e a promoção de tecnologias relacionadas à produção ou suprimento de minerais estratégicos e críticos. Claramente, o mercado financeiro nacional não possui uma cultura de investimentos em mineração, refletida na ausência de instrumentos financeiros adequados para financiar o setor.
- **Ações:** Elaboração de atos normativos para criação de mecanismos financeiros, como debêntures incentivadas para a mineração e letras de risco de crédito, capazes de oferecerem garantias para o segmento.
- **Instrumentos:** Decreto para a debênture incentivada e Lei para as letras de risco de crédito.

II. Política: Financiamento Direto

Financiamento especial de projetos com *downstream*

- **Objetivo:** Financiar projetos industriais de empresas para avançarem nas cadeias de suprimento de maior valor agregado, utilizando *commodities* de minerais estratégicos comercializáveis, inclusive por meio de parcerias com empresas detentoras do *know-how* necessário.
- **Justificativa:** As empresas de mineração, ao obterem financiamentos em condições favorecidas, podem ser incentivadas a investir na cadeia de produção, em projetos próprios ou em parcerias com empresas especializadas, agregando valor a seus produtos. As empresas com experiência na transformação mineral no país também podem ser incentivadas a expandir suas operações; enquanto empresas estrangeiras podem ser encorajadas a se estabelecerem aqui. Para uma análise mais aprofundada das oportunidades, devem ser realizados estudos sobre o fluxo de materiais para cada substância estratégica, uma vez que se requer uma visão integrada do mercado,

das rotas tecnológicas, da capacidade de PD&I, da perspectiva dos novos projetos, alinhada às políticas de créditos e estímulos.

- **Ações:** Articulação para criação de linhas de financiamento em condições mais favoráveis, por meio do BNDES, Finep, entre outros, para projetos de implantação de unidades de fabricação especializadas
- **Instrumentos:** Criação de linha específica do BNDES, apoiada em Portaria Interministerial, criando programa de incentivo à agregação de valor em cadeias de minerais para a transição energética.

III. Política: Financiamento Direto

Conteúdo local como contrapartida aos incentivos e apoio ao desenvolvimento de fornecedores.

- **Objetivo:** Estabelecer regras de conteúdo local mínimo como condição para que empresas com projetos de agregação de valor possam se habilitar a receber os incentivos (fiscais, creditícios, cambiais etc.) e formatar apoio ao desenvolvimento de fornecedores no país.
- **Justificativa:** Os principais países ou blocos, como os Estados Unidos, União Europeia e China, entre outros, adotam deliberadamente políticas de conteúdo local como contrapartida aos pacotes de incentivos oferecidos às indústrias para projetos de agregação de valor aos bens minerais. O Brasil pode adotar uma política similar em prol do desenvolvimento da indústria de equipamentos e o setor de serviços relacionados.
- **Ações:** Articulação MDIC-MME-MCTI para definição e implantação das regras e MDIC-BNDES-Finep para apoiar o desenvolvimento de fornecedores.
- **Instrumentos:** Decreto e financiamento do BNDES e da Finep.

IV. Política: Financiamento Direto

Incentivo ao uso de energia renovável na produção de minerais estratégicos e críticos em PMEs de mineração

- **Objetivo:** Estimular pequenas e médias empresas de mineração, pelo critério de faturamento, a investir na produção e no consumo de energia elétrica proveniente de fonte renováveis, como energia eólica e fotovoltaica, visando a produção de minerais mais sustentáveis

(“verdes”). Esta iniciativa se aplica também a empresas produtoras de potássio, fosfato e remineralizadores.

- **Justificativa:** Evitar a contradição de produzir minerais destinados à geração de energias renováveis, como eólica e fotovoltaica, enquanto se utiliza energia elétrica de fontes baseadas em combustíveis fósseis no processo produtivo.
- **Ações:** Articulação MME-MDIC-BNDES para facilitação ao crédito em condições especiais para que as PMEs de mineração de minerais estratégicos invistam em sistemas elétricos de fontes renováveis com a decorrente mitigação das emissões de GEE.
- **Instrumentos:** Portaria Interministerial.

V. Política: Incentivos Fiscais

REIMTE-Regime Especial para a Indústria de Minerais para a Transição Energética para assegurar competitividade fiscal

- **Objetivo:** Estabelecer regime especial para a indústria de transformação de minerais voltados para a transição energética (REIMTE) com o objetivo de assegurar a competitividade fiscal de uma indústria de transformação ainda em desenvolvimento no Brasil.
- **Justificativa:** Diversos países e blocos têm implementado políticas para fortalecer suas indústrias de minerais estratégicos e críticos, visando proteger seus mercados e reduzir a dependência estrangeira de fornecimento desses materiais. A globalização aberta, o livre comércio para esses materiais tem passado por restrições com origem em questões geopolíticas. A política, portanto, deve ser aprimorada para considerar o incentivo à agregação de valor. A indústria química de fertilizantes, por exemplo, foi contemplada recentemente com o restabelecimento do Reiq (Regime Especial da Indústria Química), criado em 2013 e que estabelecia a isenção de Pis e Cofins.
- **Ações:** Articulação MME-MDIC para a realização de estudo sobre as condições de competitividade fiscal do Brasil em relação a outros países, para um conjunto selecionado de minerais/metals para os quais o Brasil apresente potencial mineral para o desenvolvimento de cadeias de suprimento. A partir dos resultados do estudo instituir uma política apropriada.
- **Instrumentos:** Decreto

VI. Política: Incentivos Fiscais**Adaptação e aplicação da Lei do Bem para incentivar a pesquisa mineral**

- **Objetivo:** Estabelecer mecanismos de incentivo fiscal via abatimento do imposto de renda para empresas de pesquisa mineral, com o objetivo de dinamizar e fomentar a atividade no Brasil, especialmente as empresas juniores.
- **Justificativa:** A Lei do Bem (Lei no 11.196/2005) prevê o abatimento de até 34% das despesas com PD&I do imposto de renda. Embora a pesquisa mineral não seja estritamente uma atividade de PD&I, como é definida nos manuais de inovação, considera-se que é uma atividade de alto risco, tal como a atividade de PD&I voltada para a inovação tecnológica. Portanto, propõe-se equiparar, para efeito de benefício fiscal, as despesas com atividades de pesquisa mineral, incluindo desenvolvimento de rotas tecnológicas, às despesas de PD&I tradicionais, para o usufruto da Lei do Bem. Deve ser contemplada a situação de empresas em projetos que ainda não produzem e não têm imposto de renda a pagar, talvez com abatimento de tributos de outras empresas do mesmo grupo ou a possibilidade de abatimento quando a empresa estiver em operação.
- **Ações:** Articulação MME-MCTI-MDIC e setor de mineração para sensibilizar o MF bem com o parlamento para a causa e aprovar a modificação na Lei do Bem.
- **Instrumentos:** Lei.

VII. Política: Conhecimento Geológico**Apoio ao SGB-CPRM para avançar no conhecimento geocientífico de minerais estratégicos e desenvolvimento de mapas de favorabilidade.**

- **Objetivo:** Assegurar os recursos orçamentários ao SGB-CPRM com o objetivo de acelerar o conhecimento geocientífico em áreas promissoras para minerais estratégicos e críticos selecionados, bem como o desenvolvimento de mapas de favorabilidade mineral.
- **Justificativa:** Apesar dos avanços, o conhecimento geológico do território brasileiro é considerado incompleto e insuficiente, especialmente nas escalas adequadas para a descoberta de novos depósitos minerais. Faz-se então necessário um esforço concentrado em áreas

promissoras para minerais estratégicos e críticos, visando acelerar a aquisição de conhecimentos geocientíficos e aumentar a competitividade do país para atrair investimentos em pesquisa mineral. Isso inclui o desenvolvimento de mapas de favorabilidade mineral. Estes mapas, também chamados de mapas de prospectividade mineral, essenciais na pesquisa mineral, são gerados através de modelos de previsão. Estes modelos se baseiam na análise integrada de dados de diversas fontes, incluindo geológicos, geofísicos, geoquímicos e de sensoriamento remoto. A expansão da pesquisa mineral, motivada pela necessidade de técnicas exploratórias ambientalmente neutras e eficientes em custo e tempo, tem impulsionado o desenvolvimento desses modelos.

- **Ações:** Articulação MME e SGB-CPRM para definir metas e prazos e assegurar os recursos requeridos para o SGB-CPRM, de preferência no âmbito do Novo PAC. Considerar a participação das universidades, entes estaduais e o setor privado nesse esforço.
- **Instrumentos:** Lei Orçamentária. Recursos Orçamentários no âmbito do Novo PAC.

VIII. Política: Conhecimento Geológico

Plataforma Digital “Panorama Territorial de Minerais Estratégicos e Críticos”

- **Objetivo:** Estabelecer a Plataforma Digital “Panorama Territorial de Minérios Estratégicos” com o objetivo de facilitar aos investidores a visualização dos sítios territoriais com potencial para minerais estratégicos, fornecendo informações sobre o número de requerimentos de pesquisa e de portarias de lavra, além de informações sobre a geologia das áreas.
- **Justificativa:** Uma plataforma contendo essas informações pode oferecer aos profissionais envolvidos em pesquisa e prospecção de minerais a capacidade de visualizar locais específicos com potencial para minerais estratégicos e críticos. Esta plataforma, focada especialmente em minerais essenciais para a transição energética, complementará e enriquecerá os dados já disponíveis na plataforma P-3M, que é atualizada pelo SGB-CPRM.
- **Ações:** Articulação do MME com SGB/CPRM e ANM.
- **Instrumentos:** Acordo de Cooperação Técnica entre SGB/CPRM e ANM.

IX. Política: Conhecimento Geológico **Integração e disponibilização de dados geológicos públicos e privados no SGB-CPRM**

- **Objetivo:** Disponibilizar informações geológicas, geofísicas e geoquímicas geradas pelas empresas em uma base de dados única e acessível sob a gestão técnica do SGB-CPRM com o objetivo de enriquecer e disponibilizar o conhecimento geocientífico do Brasil.
- **Justificativa:** As informações geológicas geradas pelas empresas e registradas nos relatórios de pesquisa mineral, positivos ou negativos, eram entregues ao antigo DNPM e agora à ANM. Mas as informações encontram-se dispersas e não são devidamente analisadas ou incorporadas ao conhecimento geocientífico do país. Isto é uma prática corrente em países como a Austrália e o Canadá. A proposta é estudar as políticas de países como os citados e elaborar um procedimento adequado à realidade brasileira para a transferência das informações ao SGB-CPRM, cabendo a este o tratamento adequado e incorporação desses dados ao conhecimento geológico público. A incorporação ao conhecimento geológico deve se dar com as carências e ressalvas legais, para assegurar a competitividade das empresas que fazem pesquisa mineral no Brasil, conforme os melhores padrões internacionais.
- **Ações:** Articulação MME, ANM e SGB-CPRM.
- **Instrumentos:** Portaria do MME ou interministerial, ou Resolução do CNPM indicando a obrigatoriedade e o prazo para disponibilização.

X. Política: Conhecimento Geológico **Potencial de MCE como coproduto em estéreis e rejeitos.**

- **Objetivo:** Promover o conhecimento sobre MCE e o seu potencial de aproveitamento como coprodutos de minas em atividade, ou mesmo paralisadas, com o objetivo de aproveitar as oportunidades de recuperação desses minerais.
- **Justificativa:** Uma parcela significativa dos recursos aplicados aos MCE está vinculada a projetos de mineração de outros metais. Exemplos: grande parte da produção mundial de cobalto são coprodutos da mineração de níquel ou de cobre; a extração de gálio vem como coproduto da mineração de bauxita e de zinco. No Brasil, não há informações conhecidas sobre a ocorrência desses minerais/metais

em estéreis e rejeitos de minerações em atividade, inclusive em barragens. Cabe ressaltar que o aproveitamento desses coprodutos pode se beneficiar de um desconto de 50% na alíquota da CFEM. Como exemplo, a Austrália lançou, em maio de 2023, o Atlas de Resíduos de Minas, um mapa identificando locais com resíduos de mineração que poderiam ser reprocessados para obter minerais essenciais à transição energética global. Empresas na Austrália já estão lucrando com o reprocessamento de resíduos de minas antigas.

- **Ações:** Articulação MME-ANM-CPRM. Identificação de coprodutos por meio de análises química e mineralógica obrigatória de estéreis e rejeitos com foco em cobalto, terras raras etc. Além do setor privado, o setor governamental e, em especial, o SGB-CPRM são potenciais parceiros na iniciativa de desenvolvimento do Atlas de Resíduos de Minas para o Brasil.
- **Instrumentos:** Resolução da ANM e provisão de recursos para o programa de caracterização.

XI. Política: Economia Circula

Aumentar a eficiência na mineração de minerais para a transição energética

- **Objetivo:** Aumentar a eficiência na lavra e beneficiamento de minerais para a transição energética, visando alcançar maiores índices de recuperação e, conseqüentemente, elevar a disponibilidade desses minerais/metais.
- **Justificativa:** A aplicação das práticas de economia circular na mineração global e nacional ainda é limitada. Essas práticas visam maximizar o aproveitamento das substâncias minerais nas minas, o que se considera essencial para alcançar patamares mais elevados quanto à mineração responsável. Melhorar a eficiência operacional é fundamental para aumentar a recuperação de minerais/metais
- **Ações:** Articulação do MME e setor produtivo para organizar grupo de especialistas para elaboração e propor a regulamentação de práticas de mineração com a adoção de princípios de circularidade. A inclusão de aspectos da economia circular nas avaliações de adesão aos princípios ESG das empresas também deve ser levada em conta
- **Instrumentos:** Portaria do MME.

XII. Política: Economia Circular**Reciclagem de baterias de íon-lítio e magnetos de terras raras**

- **Objetivo:** Fomentar a criação de uma rede nacional para a coleta e recuperação de baterias de íon-lítio e de ímãs de terras raras, com o objetivo de recuperação de materiais críticos tais como: lítio, cobalto, grafita e neodímio, disprósio e térbio.
- **Justificativa:** O elevado valor dos metais e materiais de componentes das baterias de íon-lítio deveria ser um atrativo para a sua recuperação e aproveitamento, evitando descartes desnecessários, desperdícios e contaminação ambiental. No entanto, é necessário, ao menos inicialmente, fomentar a formação de rede de coleta e recuperação, por meio de incentivos apropriados. No Brasil, a recuperação e a reciclagem de baterias de chumbo ácido são bem-sucedidas, podendo servir de modelo para a introdução de melhores práticas de coleta e logística para os novos tipos de baterias e acumuladores de energia.
- **Ação:** Articulação do MMA com MDIC-MME-MCTI para fomentar a formação de redes de coleta, logística e o apoio ao desenvolvimento de processos para a reciclagem de metais críticos e de outros materiais de baterias e de componentes retirados de aerogeradores e motores elétricos visando integral reaproveitamento integral.
- **Instrumentos:** Portaria para Regulamentação da Lei 12.305/2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), para instituir a política específica.

XIII. Política: PD&I e RH**Cláusula de Investimento em PD&I**

- **Objetivo:** Implementar uma cláusula que estipule um investimento mínimo em PD&I equivalente a 0,40% da receita bruta das grandes empresas de mineração, com objetivo de equiparar esse percentual ao praticado por empresas do setor estabelecidas em outros países.
- **Justificativa:** Poucas empresas de mineração no Brasil investem em PD&I. O percentual de 0,40% da receita bruta é uma média observada em grandes empresas internacionais do setor. Um levantamento recente do IBRAM com 19 associadas atingiu a média de 0,26%, com o compromisso de alcançar 0,40% até 2030. A implementação dessa cláusula, similar ao que já ocorre no setor de petróleo e

gás e no setor de energia elétrica, irá fortalecer a integração entre o ecossistema de CT&I do Brasil e o setor de mineração, contribuindo para a modernização e a competitividade tecnológica da indústria mineradora nacional.

- **Ações:** Articulação com o Governo, Congresso Nacional e Empresas para a formação de um consenso a respeito da iniciativa.
- **Instrumentos:** Lei ou Decreto.

XIV. Política: PD&I e RH

Apoio aos Centro de desenvolvimento de tecnologia mineral, em especial o Centro de Tecnologia Mineral - CETEM

- **Objetivo:** Apoiar o fortalecimento ou a criação de laboratórios especializados em PD&I de minerais e materiais estratégicos ou críticos de ICTS brasileiras públicas e privadas assegurando que os recursos de 1,0% da CFEM destinados ao CT-Mineral/FNDCT pela Lei 13.540 de 2017 sejam aplicados no setor e pelo menos em parte nos segmentos de MCE, com o objetivo de apoiar a inovação tecnológica. Da mesma forma, assegurar os recursos de 1,8% da CFEM destinados ao CETEM, com o objetivo de expandir e fortalecer sua atuação.
- **Justificativa:** O Centro de Tecnologia Mineral - CETEM é o único instituto público com foco em tecnologia mineral no Brasil, com reconhecida experiência em processamento de minérios de terras-raras, de metais não ferrosos como níquel, cobre e cobalto, além de agrominerais, a qual poderia ser expandida e disseminada com o aumento do seu orçamento. Apesar da Lei 13.540 de 2017 estabelecer o repasse de uma parcela definida da arrecadação da CFEM, não tem sido efetivamente cumprida. O recebimento dos recursos da CFEM permitiria ao CETEM expandir suas atividades em novas áreas técnicas, especialmente na área de tecnologias de transformação mineral, e em outros estados, além do RJ e ES, estendendo sua capacidade de atuação a mais empresas do setor.
- **Ações:** Articulação para alcançar consenso a respeito da iniciativa de transformar o artigo da Lei 13.540, que trata da destinação dos recursos ao CETEM, em Lei Complementar, incluindo instâncias governamentais como MCTI, MME, MDIC, MPO, Congresso Nacional. Articulações entre agências de C&T, como Finep e CNPq, e o setor produtivo devem ser priorizadas para a utilização plena de 1% da

CFEM anualmente em projetos de PD&I e no fortalecimento, expansão e criação de laboratórios especializados em minerais estratégicos.

- **Instrumentos:** Lei Federal Complementar, Lei Estadual Complementar.

XV. Política: PD&I e RH

Investimento estadual em C&T com recursos da CFEM

- **Objetivo:** Destinar pelo menos 20% da cota estadual de CFEM para fomentar a ciência e tecnologia, visando fortalecer o ecossistema estadual de C&T e apoiar o desenvolvimento das indústrias do estado, inclusive a indústria de mineração.
- **Justificativa:** A Lei nº 13.540/2017, que alterou as alíquotas e a distribuição da CFEM, recomenda (embora não obrigue) que pelo menos 20% da cota estadual da CFEM sejam destinados à diversificação da economia, ciência e tecnologia, educação e cultura. De modo geral essa recomendação é ignorada pelos estados, com duas exceções conhecidas. O Estado de Santa Catarina, de forma pioneira, com a Lei nº 14.127/2007, determinou que o total dos recursos estaduais da CFEM sejam aplicados em conta específica na Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina (FAPESC). No Estado do Pará, a Lei Complementar nº 133/2020 determina que pelo menos 20% da CFEM devem ser aplicados em atividades de diversificação econômica, desenvolvimento mineral sustentável e desenvolvimento científico e tecnológico. Destes 20%, 75% são destinados ao desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação tecnológica, além de apoiar a formação profissional no Estado, com a ressalva de que os recursos não podem ser usados para pagamento de pessoal. Os outros 25% dos recursos devem ser destinados à promoção e ao apoio de startups, micro e pequenas empresas inovadoras e/ou de base tecnológica. Esses recursos ficam sob a gestão da Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Educação Profissional e Tecnológica (SECTET).
- **Ações (como):** Articulação MME-MCTI e o setor produtivo para sensibilizar e esclarecer as lideranças dos principais estados mineradores (MG, BA, GO, MT, entre outros), a fim de formar um consenso sobre a iniciativa e incentivar o estabelecimento de suas respectivas leis estaduais, conforme as recomendações da Lei nº 13.540/2017.
- **Instrumentos:** Lei Estadual Complementar.

XVI. Política: PD&I e RH

Criação do Centro de Estudos em Minerais Críticos e Estratégicos

- **Objetivo:** Estabelecer um Centro de Estudos em Minerais Críticos e Estratégicos, por meio de uma plataforma digital, com o objetivo de fortalecer a área de estudos, pesquisas e informações sobre minerais estratégicos e críticos.
- **Justificativa:** O País perdeu muitas de sua capacidade de produção e gestão da informação na área mineral devido às limitações de orçamento e pessoal impostas anteriormente ao DNPM, em seguida à ANM, à CPRM e ao CETEM, que contavam, até os anos de 1990, com equipes de profissionais dedicados a essas pesquisas. Novas equipes multidisciplinares precisam ser reunidas para reassumir a tarefa frente à retomada da importância da mineração dentro das perspectivas da nova geopolítica, da crise climática que demanda energias renováveis e da descarbonização da economia, além da ampliação da importância dos setores de tecnologias avançadas civis e militares.
- A concepção do Centro é inspirada em iniciativas como o Joint Research Centre da União Europeia, o Centro de Inteligência de Minerais Críticos do Reino Unido, o Centro de Minerais Críticos do Canadá e o Centro de Pesquisa para Estratégia de Recursos Minerais Globais da China, estes três últimos criados recentemente. Como eles, o Centro seria responsável por organizar e atualizar informações sobre reservas, produção mineral e produção da transformação mineral dos minerais estratégicos e críticos no Brasil; além de definir a metodologia para elaboração da Lista de Minerais Estratégicos do Brasil e a realização e/ou contratação de estudos necessários para tal. O Centro deverá fornecer subsídios técnico-científicos sobre minerais estratégicos por meio de estudos econômicos, legais, científicos, tecnológicos, ambientais e de impactos sociais, abrangendo o largo espectro das atividades de exploração, mineração, e transformação de minerais estratégicos, alcançando as respectivas ramificações nas cadeias de produção, uso, reciclagem, perdas, descartes e propostas de economia circular. Os resultados dos estudos e pesquisas serão úteis para órgãos governamentais e a indústria e poderá contar com a colaboração do setor produtivo e de especialistas da academia e de instituições de pesquisa.
- **Ações:** Criação de um GT para estudar a criação do Centro, considerando duas possibilidades iniciais: (i) implementação de uma plataforma digital amigável, a exemplo da *Raw Materials Information*

System da UE, adaptada às necessidades do Brasil e atendendo aos ministérios MME, MCTI, MDIC, MMA, bem como outros usuários no Governo Federal e dos estados e municípios, empresas, comunidade acadêmica, de pesquisa e sociedade em geral; e (ii) o funcionamento no formato de rede com núcleos especializados em várias organizações, com coordenação centralizada.

- **Instrumentos:** Portaria interministerial para a criação do CEMEC.

XVII. Política: PD&I e RH

Estudo de fluxos de materiais estratégicos e críticos

- **Objetivo:** Elaborar estudos abrangentes e detalhados sobre as cadeias produtivas que demandam minerais estratégicos no Brasil, com o objetivo de identificar lacunas, obstáculos, gargalos e oportunidades.
- **Justificativa:** É necessário ter conhecimento sobre o fluxo dos materiais estratégicos através das cadeias produtivas estabelecidas no Brasil, incluindo informações sobre quantidades, preços e custos envolvidos. Isso permitirá elaborar estratégias para melhor compreender o consumo, uso e reciclagem de insumos e componentes de produtos que demandem minerais estratégicos. Um estudo sistemático com essa abrangência é imprescindível para se conhecer a dependência do país de elementos químicos, minerais e materiais estratégicos presentes em objetos e equipamentos utilizados no Brasil.
- **Ações:** Articulação MCTI-MME-MDIC para disponibilizar recursos destinados ao financiamento desses estudos. Essa iniciativa deve ser realizada em estreita colaboração com a criação do Cento de Estudos em Minerais Críticos e Estratégicos. Propõe-se que este Centro coordene este projeto, formando uma rede de grupos de pesquisa composta por cientistas e engenheiros das universidades e centros de pesquisas, bem como especialistas do setor produtivo.
- **Instrumentos:** Encomendas e/ou Chamadas Públicas para apresentação de propostas a partir de edital do MCTI e suas agências.

XVIII. Política: PD&I e RH

Estudos e análises prospectivas

- **Objetivo:** Estabelecer parcerias e mecanismos para conduzir análises prospectivas de investimentos, consumo, novos projetos, geração

de empregos em nível macro e micro, com o objetivo de subsidiar o governo e as empresas em suas políticas e decisões.

- **Justificativa:** Essas parcerias devem envolver o setor produtivo (que detém as informações sobre os novos investimentos), governos (que estabelecem as políticas, os planos e programas públicos), academia e centros de pesquisa (com capacidade de conduzir estudos técnicos socioambientais, políticos e prospectivos) e a sociedade (que será impactada por essas atividades).
- **Ações:** Articulação MCTI-MME-MDIC para disponibilizar recursos para financiar os estudos. Esta é uma iniciativa que pode/deve ser realizada em estreita colaboração com a criação do Centro de Estudos em Minerais Críticos Estratégicos. Propõe-se que este Centro coordene este projeto, formando uma rede de grupos de pesquisa compostos por cientistas e engenheiros das universidades e centros de pesquisas, bem como especialistas do setor produtivo.
- **Instrumentos:** Encomendas e/ou Chamadas Públicas para apresentação de propostas a partir de edital do MCTI e suas agências.

XIX. Política: PD&I e RH

Programas de desenvolvimento de competências locais.

- **Objetivo:** Estabelecer um programa de qualificação para a população local, com o objetivo de criar oportunidades de emprego formal e de melhor remuneração nas atividades de mineração e transformação mineral.
- **Justificativa:** Embora haja exceções, em geral os empregos de melhor qualificação e remuneração são ocupados por trabalhadores formados e oriundos de outros locais, fora das comunidades que abrigam as operações de mineração, ficando disponíveis para as populações locais os trabalhos de baixa qualificação e remuneração.
- **Ações:** Criação de programas de capacitação e treinamento, incluindo a concessão de bolsas de estudo para cursos técnicos e universitários. Revisão das disciplinas oferecidas nos cursos técnicos e de graduação conforme potencialidade da região, de forma a capacitar trabalhadores e retê-los no território. Estabelecimento de parcerias com o Senai. Desenvolvimento de guia de boas práticas para promover a empregabilidade local.

- **Instrumentos:** Protocolos, Guias e Acordos para criação de um padrão de qualificação de mão de obra local.

XX. Política: PD&I e RH

Promoção deecoinovações nos processos de mineração e de agregação de valor de minerais para a transição energética.

- **Objetivo:** Estimular o desenvolvimento de ecoinovações associadas à industrialização de minerais estratégicos ou críticos, com o objetivo de promover a sustentabilidade nesse setor mineral.
- **Justificativa:** A ecoinovação ou inovação ambiental, na mineração e na industrialização de minerais abrange tecnologias e soluções que resultam na redução do consumo de água, energia, matérias-primas e do impacto ambiental. Essas tecnologias representam uma oportunidade ímpar para o Brasil revitalizar a indústria nacional e impulsionar o crescimento econômico em bases mais sustentáveis.
- **Ações:** Realização de estudos com a participação do MCTI-MME-MDIC e o setor produtivo para definir as diretrizes, os objetivos e as metas para promover a ecoinovação na mineração e na transformação mineral de minerais estratégicos e críticos.
- **Instrumentos:** Lançamento de editais pelo MCTI-Finep-CNPq-EM-BRAPII com desafios tecnológicos para promover parcerias entre empresas e as IES e ICT para geração de ecoinovações nos processos produtivos.

XXI. Política: PD&I e RH

Extensionismo Mineral nas PMEs e em APLs

- **Objetivo:** Fomentar e disseminar boas práticas operacionais e de ESG com o objetivo de aprimorar o desempenho e a adoção de tecnologias digitais nas pequenas e médias empresas (PMEs) e Arranjos Produtivos Locais (APLs) do setor de mineração e transformação mineral que atuam na produção de minerais estratégicos ou críticos. Esse esforço contará com o apoio de startups (*mining techs*) para escalar a difusão de tecnologia.
- **Justificativa:** Um levantamento de 2021 aponta que o Brasil possui mais de sete mil empresas de mineração, das quais menos de 100 são classificadas como grandes, com receita bruta acima de R\$

300 milhões. O foco desta proposta recai sobre as mais de duas mil PMEs de mineração, com receita entre R\$ 4,8 milhões e R\$ 300 milhões, representando cerca de 10% do faturamento do setor, além de aproximadamente 100 APLs de base mineral. A grande maioria das PMEs não tem acesso aos instrumentos e agências de fomento de inovação tecnológica, como a Lei do Bem, Finep, BNDES, entre outros, e não se relaciona com as ICTs brasileiras em projetos de PD&I. Um programa que reúna o fomento governamental com a expertise do Mining Hub, apoiado pelo IBRAM, focado no desenvolvimento de centenas de startups de mineração (*mining techs*) pode modernizar tecnologicamente e ambientalmente esse universo de PMEs. Um sistema de fomento (total ou parcial) por meio de vouchers, por exemplo, pode viabilizar a atuação das *mining techs*.

- **Ações:** Articular a participação do MCTI/Finep, MME, MDIC/BNDES, o IBRAM e o Mining Hub, e associações representativas de segmentos da mineração, especialmente aqueles compostos por PMEs ou organizadas em APLs, para a formatação de um programa contando com fomento público.
- Instrumentos: Portaria Interministerial.

5.8.3

EIXO 3

incentivar práticas sustentáveis e responsáveis

I. Política: Padrões Ambientais

Selo ESG para projetos de mineração

- **Objetivo:** Certificar projetos de mineração comprometidos com a agenda ESG com o objetivo de valorizar a mineração brasileira.
- **Justificativa:** A captação de recursos para projetos de mineração está de forma crescente condicionada ao compromisso socioambiental dos projetos. O Selo ESG pode ser um facilitador nesse processo. Um exemplo para ser analisado e inspirar uma adaptação para o setor de mineração é o Selo Fomento Infra+ Integridade 2022, emitido pelo antigo Ministério de Infraestrutura, o qual já classifica projetos de rodovias e depois de ferrovias por meio de um comitê técnico composto por representantes do setor público e privado.

- **Ações:** Promover a articulação entre o MME e o setor produtivo para desenvolver os critérios necessários à emissão de selos de boas práticas socioambientais e de uso de energia de projetos acreditados por profissionais qualificados.
- **Instrumentos:** Portaria ou Resolução do CNPM e/ou do MME.

II. Política: Padrões Ambientais

Adesão a protocolos de mineração sustentável

- **Objetivo:** Certificar projetos de mineração comprometidos com a agenda ESG, para valorização da mineração brasileira.
- **Justificativa:** Dado o cenário de demanda crescente de minerais estratégicos/críticos e considerando o espaço limitado para se avançar em novas fronteiras de mineração, será exigido cada vez mais que a mineração, quer seja de minerais convencionais ou estratégicos, ocorra em bases sustentáveis. Há muitos protocolos nacionais e internacionais nesse sentido (IBRAM, ICMM, UNEP, IGF, World Bank etc.), mas eles precisam ser de fato efetivos.
- **Ações:** Promover a articulação entre MME, MMA e o setor produtivo para a definição e adoção de critérios para a mineração sustentável.
- **Instrumentos:** Portaria ou Resolução do CNPM e/ou do MME.

III. Política: Padrões Ambientais

Amazônia e Mineração Sustentável

- **Objetivo:** Formatar um Programa com iniciativas e projetos integrados à mineração industrial na Amazônia, com foco nos minerais estratégicos ou críticos, com o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável e de proteger a região de ações predatórias, contribuindo para construir a imagem da mineração identificada com a preservação da floresta.
- **Justificativa:** A Região Amazônica brasileira é rica em minerais essenciais para a transição energética e para agricultura, bem como apresenta potencial geológico para novas descobertas. A região, objeto de atenção permanente em nível mundial, pode se beneficiar do engajamento da mineração industrial em práticas sustentáveis além do seu território operacional e de sua área de influência típica, municipal, ampliando

sua atuação na região de forma coordenada entre as empresas e as instituições públicas, e contribuindo para a conscientização, educação, prevenção ao desmatamento e restauração florestal e ambiental.

- **Ações:** Promover a articulação entre MME, MMA, o setor produtivo e organismos multilaterais para a realização de um estudo de viabilidade e formatação do Programa.
- **Instrumentos:** Portaria ou Resolução do CNPM/MME.

IV. Política: Padrões Ambientais

Aprimoramento da PNRS para melhorar a mineração urbana de materiais estratégicos/críticos.

- **Objetivo:** Contribuir para o aprimoramento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei n. 12.305/2010) com o objetivo de melhorar a eficiência da mineração urbana de materiais que contenham materiais estratégicos/críticos, por meio do aperfeiçoamento da logística reversa e do apoio a empreendimentos dedicados ao processamento para reuso de componentes ou reciclagem de materiais no Brasil. Isso possibilita reduzir a demanda de importações e limitar as exportações de baixo valor.
- **Justificativa:** A mineração urbana é considerada uma atividade importante para reduzir a produção primária de materiais, bem como colabora para redução de consumo de energia e água e reduz o desperdício e o descarte de materiais que podem ser reutilizados e reciclados. Além disso, é uma das ações indicadas em políticas de economia circular adotadas por vários países. Parte dos materiais estratégicos que estão em componentes, partes e peças de produtos eletroeletrônicos já se encontra regulamentada, todavia há ainda muitos mais itens a serem identificados em outros grupos de produtos e equipamentos que carecem de regulação específica. A sugestão é realizar estudos para propor uma regulamentação para mineração urbana de objetos e equipamentos, no todo ou em parte, que fomentem a coleta, desmontagem, separação de peças e componentes de uma série e produtos e equipamentos dando-lhes destinação comercial para reutilização de componentes ou reciclagem de elementos ou substâncias que contêm materiais estratégicos para o Brasil.
- **Ações:** Promover a articulação entre MMA, MME e MCTI para encomendar os estudos.
- **Instrumentos:** Portaria Interministerial ou Resolução.

V. Política: Transparência**Uso transparente da CFEM pelos municípios e estados mineradores**

- **Objetivo:** Desenvolver mecanismos de simplificação e síntese com o objetivo de facilitar tanto o trabalho dos gestores municipais no planejamento e execução quanto o acesso público em geral interessado na previsão, pagamento e destinação das receitas obtidas pelo repasse da CFEM.
- **Justificativa:** A CFEM representa uma importante fonte de receita orçamentária, sobretudo para os 30 principais municípios mineradores, que recebem cerca de 90% dos R\$ 8-10 bilhões anuais repassados a todos os municípios. Em alguns casos a CFEM chega a representar 45%, 50%, até 75% da receita orçamentária anual declarada por alguns desses municípios mineradores. Portanto, a transparência é o primeiro passo para o uso eficiente, eficaz e efetivo da CFEM. A Lei 13.540/2017 determina que a utilização da CFEM esteja disponível para o público. No Estado do Pará, o Tribunal de Contas dos Municípios (TCM) regulamentou e determinou a publicidade dos dados sobre o uso da CFEM. Além disso, têm surgido iniciativas voluntárias de municípios para dar transparência aos dados da CFEM.
- **Ações:** Promover a articulação entre Governo Federal, Estados, Municípios (AMIG) e ONGs, como a Agenda Pública, para estabelecer uma aliança e adesão ao compromisso de melhorar a transparência e a criação e ampliação de mecanismos e fóruns de debate e participação pública sobre as melhores práticas para a destinação dessas receitas.
- **Instrumentos:** Acordos de Cooperação que padronizem um procedimento para divulgação dos dados de forma simplificada.

VI. Política: Diligências**Rastreabilidade de minerais e metais estratégicos e críticos produzidos na Amazônia**

- **Objetivo:** Promover a rastreabilidade dos produtos minerais estratégicos na Amazônia Legal e nos demais países amazônicos.
- **Justificativa:** A rastreabilidade é um indicador fundamental da Agenda ESG, permitindo o registro das principais características do produto, seja sua origem, boas práticas, uso de recursos naturais etc. O Canadá lançou uma iniciativa análoga em 2023, por meio de um edital, para desenvolver um método de rastreamento.

- **Ações:** Articular o MRE e MME-MCTI e países amazônicos com organizações de C&T e com o setor produtivo, para desenvolver um estudo e tecnologia para o rastreamento dos produtos minerais.
- **Instrumentos:** Decreto e/ou Portaria Interministerial e Acordos de Cooperação.

VII. Política: Licenciamento Ambiental

Agilização de licenciamento ambiental de projetos de minerais estratégicos com Selo ESG

- **Objetivo:** Estabelecer mecanismos de incentivo não dependentes de recursos financeiros ou investimento público direto por meio da implementação de um Selo ESG para projetos, visando agilizar o processo de licenciamento ambiental para a implantação de projetos de mineração de minerais estratégicos.
- **Justificativa:** Diversos países estão instituindo incentivos fiscais para promover a produção de minerais estratégicos. A proposta do Selo ESG não requer incentivos de natureza fiscal ou creditícia. O incentivo pode advir da simplificação e celeridade do licenciamento ambiental de projetos que tenham obtido o Selo ESG. A medida pode ter repercussão também nos estados, que podem adotar iniciativas análogas.
- **Ações:** Promover a articulação Governo, Congresso Nacional e setor produtivo para modificar a atual Lei de Licenciamento Ambiental visando agilizar os processos de projetos que tenham obtido o Selo ESG. Considerar a inclusão da mineração na aprovação do texto referente a Lei Geral do Licenciamento Ambiental (Projeto de Lei nº 2.159 de 2021).
- **Instrumentos:** Lei.

VIII. Política: Licenciamento Ambiental

Plataforma Digital “Panorama do Licenciamento Ambiental de Minérios Estratégicos”

- **Objetivo:** Estabelecer a Plataforma Digital “Panorama do Licenciamento Ambiental de Minérios Estratégicos” para possibilitar aos potenciais investidores visualizar as áreas ambientalmente sensíveis próximas aos locais de prospecção de minerais estratégicos, com o intuito de subsidiar a tomada de decisão.

- **Justificativa:** Uma plataforma contendo essas informações oferece aos interessados em pesquisa e prospecção de minerais a capacidade de visualizar áreas ambientalmente sensíveis no entorno de locais de prospecção de minerais estratégicos e críticos. Esta plataforma, focada especialmente em minerais essenciais para a transição energética, complementará e enriquecerá os dados já disponíveis na plataforma P3M, continuamente atualizada pelo SGB-CPRM.
- **Ações:** Promover a articulação entre MME e MMA com vistas ao desenvolvimento da Plataforma.
- **Instrumentos:** Portaria Interministerial.

IX. Política: Inclusão e Gênero

Critérios de inclusão das comunidades em locais de extração de minerais estratégicos

- **Objetivo:** Desenvolver critérios para definir a inclusão de membros da comunidade, visando ampliar as oportunidades para as populações que vivem no entorno dos projetos de mineração de minerais estratégicos, possibilitando que profissionais técnicos locais ocupem posições de liderança.
- **Justificativa:** Os programas que as mineradoras implementam no entorno dos locais de mineração não seguem um padrão baseado em metas explícitas. As metas devem incluir a capacitação da mão de obra local, percentual da população local atendida, a participação de gênero e raça, percentual de compras locais e incentivos à diversificação econômica, entre outras.
- **Ações:** Promover a articulação de parcerias com governo e empresas para contribuir para a definição de critérios e metas e laboração de um guia de boas práticas.
- **Instrumentos:** Acordos de Cooperação e adesão a Protocolos.



IBRAM
MINERAÇÃO DO BRASIL



/InstitutoBrasileirodeMineracao



/ibrammineracao



@ibram_mineracao



InstitutoBrasileirodeMineração/videos



<https://ibram.org.br>



ibram@ibram.org.br