

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

NOVEMBRO/2022

RELATÓRIO FINAL

ESTUDOS E PESQUISAS PARA A ELABORAÇÃO DE
LEVANTAMENTOS E DE ANÁLISES ACERCA DA
INFRAESTRUTURA DO TRANSPORTE E DA LOGÍSTICA
DO SETOR MINERAL NO BRASIL, ASSIM COMO DOS
INVESTIMENTOS ESPERADOS NO SETOR.



RELATÓRIO FINAL

ESTUDOS E PESQUISAS PARA A ELABORAÇÃO DE LEVANTAMENTOS E DE ANÁLISES
ACERCA DA INFRAESTRUTURA DO TRANSPORTE E DA LOGÍSTICA DO SETOR MINERAL
NO BRASIL, ASSIM COMO DOS INVESTIMENTOS ESPERADOS NO SETOR

SOBRE O DOCUMENTO

O presente documento, denominado *Relatório Final*, está inserido no contexto do *Plano de Trabalho* delimitado no Termo de Execução Descentralizada (TED) nº 13/2022/MME, firmado entre o Ministério de Minas e Energia (MME) e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), por meio do Laboratório de Transportes e Logística (LabTrans). Nesse sentido, objetiva-se fornecer apoio técnico na elaboração de levantamentos e de análises acerca da infraestrutura do transporte e da logística do setor mineral no Brasil, assim como dos investimentos esperados no setor.

As atividades definidas no TED estão distribuídas em uma ação única no cronograma físico, prevendo-se a entrega de três produtos ao longo do projeto. Este relatório é fruto das seguintes atividades:

- Atividade 1.1.1 – Minas existentes
- Atividade 1.1.2 – Minas futuras
- Atividade 1.1.3 – Exportação
- Atividade 1.1.4 – Importação
- Atividade 1.1.5 – Definição dos principais produtos a serem avaliados
- Atividade 1.2.1 – Mapeamento da infraestrutura atual e futura
- Atividade 1.2.2 – Oficina – Entrevistas com *players* do setor
- Atividade 1.2.3 – Principais rotas utilizadas
- Atividade 1.2.4 – Avaliação de custos e de qualidade
- Atividade 1.2.5 – Gargalos de infraestrutura
- Atividade 1.3.1 – Perspectivas gerais do setor
- Atividade 1.3.2 – Investimentos em infraestrutura relevantes para o setor
- Atividade 1.3.3 – Ações políticas.

SUMÁRIO

Introdução	5
1 Definições iniciais	6
2 Compilação e elaboração de mapas de informações acerca da mineração no Brasil	8
2.1 Minas existentes	8
2.2 Minas futuras	13
2.3 Comércio exterior	15
2.3.1 Exportação.....	16
2.3.2 Importação	20
2.4 Definição dos principais produtos a serem avaliados	23
2.4.1 Alumínio (bauxita).....	25
2.4.2 Cobre.....	30
2.4.3 Ferro.....	35
2.4.4 Fosfato	41
2.4.5 Manganês	46
2.4.6 Potássio.....	53
3 Análise da infraestrutura de transporte e de logística.....	58
3.1 Mapeamento da infraestrutura atual e futura.....	58
3.2 Oficina – Entrevistas com <i>players</i> do setor	68
3.2.1 Principais temas	70
3.3 Principais rotas utilizadas	72
3.3.1 Alumínio (bauxita).....	72
3.3.2 Cobre.....	75
3.3.3 Ferro.....	78
3.3.4 Fosfato	83
3.3.5 Manganês	86
3.3.6 Potássio.....	88
3.4 Avaliação de custos e de qualidade	92
3.4.1 Comparativo internacional	100
3.5 Gargalos de infraestrutura.....	102
4 Proposição de ações.....	109
4.1 Perspectivas gerais do setor	109
4.1.1 Alumínio (bauxita).....	113

4.1.2	Cobre.....	117
4.1.3	Ferro.....	121
4.1.4	Fosfato	125
4.1.5	Manganês	129
4.1.6	Potássio.....	135
4.2	Investimentos em infraestrutura relevantes para o setor	138
4.3	Ações políticas	144
Referências		148
Lista de figuras		172
Lista de quadros		175
Listas de siglas		176
Apêndice		181

INTRODUÇÃO

A mineração representa uma das atividades econômicas mais importantes do mundo. Ela é essencial ao desenvolvimento da sociedade em seus diversos setores produtivos, visto que está associada à produção de itens indispensáveis ao cotidiano (MATO GROSSO, c2022). No Brasil, a exploração mineral remonta aos tempos coloniais, quando o ouro era cobiçado e definiam-se novas rotas para a ocupação do interior do País. Ao longo da história, com o incremento na ocupação do território e no conhecimento geológico, novas descobertas de depósitos foram sendo feitas e a mineração manteve sua importância (ANM, 2021).

Atualmente, o Brasil explora, aproximadamente, 70 substâncias minerais, constando entre os principais minérios explorados no País: alumínio, ferro, nióbio, manganês e ouro (ANM, [2022], 2021). O setor é responsável por 4,2% do produto interno bruto (PIB), gerando cerca de 200 mil empregos diretos em 2019. Além disso, no mesmo ano, contribuiu com 52% do saldo comercial brasileiro, sendo, nesse mesmo ano, exportados mais de US\$ 32,5 bilhões, com um superávit de US\$ 24,2 bilhões (IBRAM, 2020a).

Para escoar a produção mineral, a logística de transportes tem um papel fundamental nas conexões de áreas produtoras, de portos e de mercados nacionais e internacionais. Assim, a identificação e a mitigação de gargalos na infraestrutura de transporte podem contribuir para a diminuição dos custos operacionais da logística, impactando a competitividade dos produtos minerais nacionais (SOUZA; PEREIRA, 2018).

Desse modo, este relatório visa à elaboração de levantamentos e de análises acerca da infraestrutura do transporte e da logística do setor mineral no Brasil e de investimentos esperados no setor, assim como a apresentação de uma proposição de ações relevantes para a indústria da mineração relacionadas ao transporte e a logística no âmbito nacional.

O documento está dividido em quatro capítulos, além desta introdução, a saber: 1 “Definições iniciais”, delineando pontos preliminares relevantes para a continuidade do estudo; 2 “Compilação e elaboração de mapas de informações acerca da mineração no Brasil”; 3 “Análise da infraestrutura de transporte e de logística”; e 4 “Proposição de ações”.

1 DEFINIÇÕES INICIAIS

Tendo em vista a grande quantidade de substâncias minerais produzidas no Brasil, e levando em consideração que os mapeamentos e as análises deste relatório contemplam a ótica do transporte e da logística do setor mineral, foram definidos neste capítulo os minérios a serem considerados nas atividades iniciais da Meta 1.1 do *Plano de Trabalho*.

Essa definição teve como base uma listagem de produtos minerais contendo a Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) utilizada pela Agência Nacional de Mineração (ANM, [2022]). Foram selecionados os minérios provenientes da indústria extrativa – em detrimento daqueles da indústria de transformação –, resultando em uma lista de **142 NCMs**, relativas à **62 substâncias minerais**.

A partir dessa listagem inicial, optou-se por dar ênfase aos minerais mais comercializados, sobretudo no comércio internacional, por conta do impacto sobre a infraestrutura de transporte. Dessa forma, foram levantados os dados de exportação e importação para todas as NCMs consideradas, referentes ao período de 2018 a 2022, tendo como recorte os minerais da lista que representavam 95% da movimentação em cada sentido de comércio¹.

Esse recorte resultou em um total de 17 minérios oriundos da indústria extrativa, **nove** destes referentes às substâncias mais exportadas e **oito** às mais importadas, elencados conforme o volume movimentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Minérios extrativos mais representativos dos fluxos de exportação e importação (de 2018 a 2022)

EXPORTADOS	IMPORTADOS
Ferro	Carvão mineral
Alumínio (bauxita)	Enxofre
Manganês	Fosfato
Sal	Sal-gema
Cobre	Calcário
Caulim	Cobre
Rochas ornamentais	Dolomita
Dolomita	Gipsita
Magnésio	

Fonte: Brasil (2022c). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

¹ Destaca-se que, no fluxo de exportação, o minério de ferro representou cerca de 96% no ano considerado, portanto o levantamento de 95% de movimentação desconsiderou este minério.

Nesse sentido, a Figura 1 apresenta, resumidamente, o processo para a definição dos produtos a serem considerados nas atividades iniciais da Meta 1.1.

Figura 1 – Definição dos produtos minerais considerados na Meta 1.1



Na sequência, no capítulo 2, é apresentada a compilação de informações geográficas e mercadológicas que embasaram a elaboração de mapas acerca da mineração no Brasil.

2 COMPILAÇÃO E ELABORAÇÃO DE MAPAS DE INFORMAÇÕES ACERCA DA MINERAÇÃO NO BRASIL

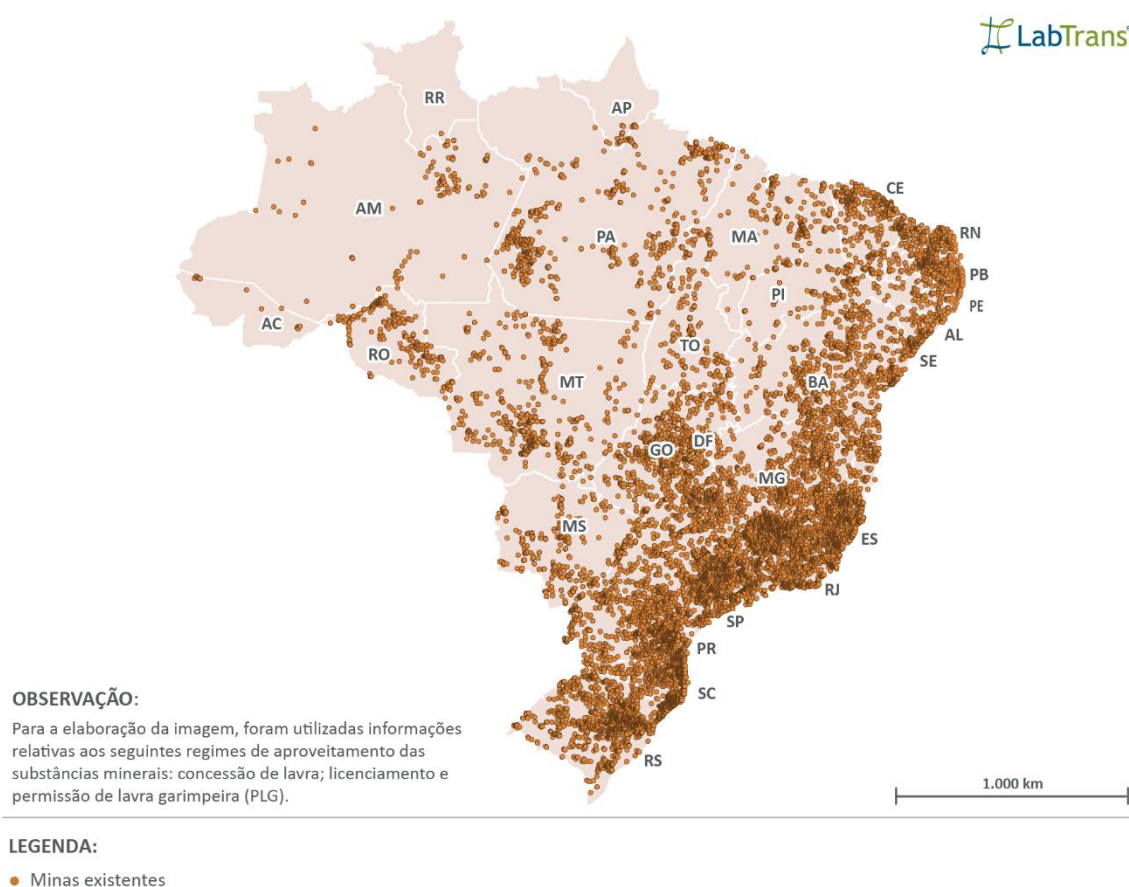
Este capítulo, correspondente à Meta 1.1 do *Plano de Trabalho*, teve como objetivo a identificação e o mapeamento de informações relativas à indústria mineradora, considerando a perspectiva da logística de transporte. Na elaboração, foram utilizadas, principalmente, informações disponibilizadas pela ANM ao LabTrans/UFSC, bem como dados oriundos do portal Comex Stat, do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC).

2.1 MINAS EXISTENTES

Neste tópico foram elaborados mapas apresentando as minas existentes no Brasil e utilizando a base de dados fornecida pela ANM para o ano de 2020, constando 24.302 pontos. Ressalta-se que foram identificadas algumas inconsistências nos dados georreferenciados disponibilizados, as quais foram desconsideradas da elaboração, totalizando, então, 11.753 pontos. Ademais, destaca-se que, para a elaboração da base de dados, foram considerados os processos referentes aos regimes de: concessão de lavra, licenciamento e permissão de lavra.

O mapa contendo as minas existentes é apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Minas existentes



Fonte: ANM ([2022]) e IBGE ([2021]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Por meio da Figura 2, nota-se uma maior concentração de minas na faixa litorânea brasileira, onde a região Sudeste concentra cerca de 38% do total de minas existentes, seguida da região Sul com 26% (ANM, [2022]).

A fim de facilitar a visualização geográfica das minas por produto mineral, foram selecionadas as principais substâncias considerando o volume total de produção comercializada no ano de 2020, que compreendem 95% do volume total. A Tabela 1 apresenta os minérios mais relevantes em termos de produção comercializada.

Tabela 1 – Volumes dos principais minérios em termos de produção comercializada (t) (2020)

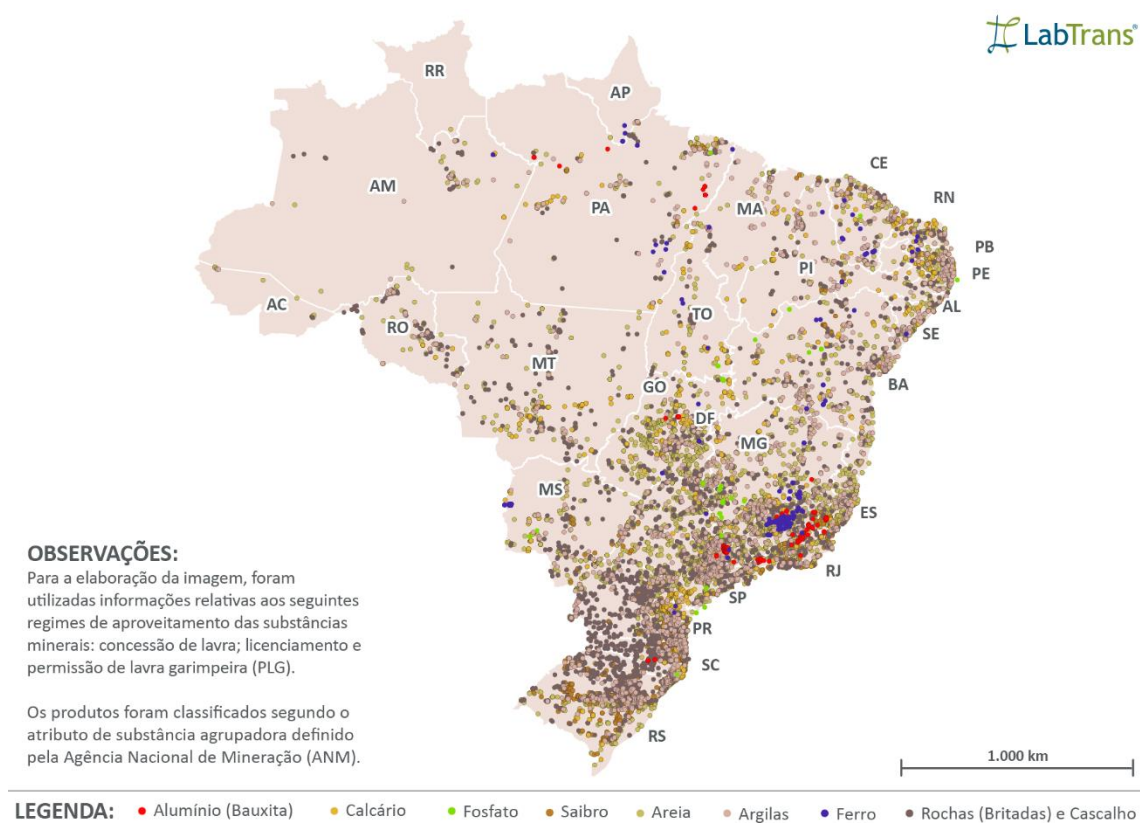
N	MINÉRIO (SUBSTÂNCIA AGRUPADORA)	BRUTA	BRUTA COMERCIALIZADA	BENEFICIADA COMERCIALIZADA	TOTAL COMERCIALIZADA	%
1	Ferro	524.778.782	8.057.106	386.972.532	395.029.639	36
2	Rochas (britadas) e cascalho	269.250.259	59.977.679	217.809.888	277.787.566	26
3	Calcário	158.450.810	36.866.838	131.370.363	168.237.200	16

N	MINÉRIO (SUBSTÂNCIA AGRUPADORA)	BRUTA	BRUTA COMERCIALIZADA	BENEFICIADA COMERCIALIZADA	TOTAL COMERCIALIZADA	%
4	Areia	88.175.577	69.928.220	18.087.227	88.015.447	8
5	Argilas	37.761.984	35.327.010	4.949.736	40.276.747	4
6	Alumínio (bauxita)	42.858.639	1.167.956	30.673.935	31.841.891	3
7	Fosfato	37.976.209	5.150.451	7.626.501	12.776.952	1
8	Saibro	23.106.742	11.295.226	546.924	11.842.150	1

Fonte: ANM ([2022]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Verifica-se, na Tabela 1, que o ferro lidera o *ranking* de produção nacional com mais de 395 milhões de toneladas comercializadas no ano de 2020, representando 36% do total, seguido das rochas (britadas) e cascalho, com 277,7 milhões de toneladas (26%), e do calcário com cerca de 168 milhões de toneladas (16%) (ANM, [2022]). Na Figura 3 são apresentadas as localizações das minas dos principais produtos em termos de produção comercializada.

Figura 3 – Minas existentes: principais produtos (produção)



Fonte: ANM ([2022]) e IBGE ([2021]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Com base na Figura 3, observa-se a grande quantidade de jazidas de areia, que corresponde a 43% do total das minas desse grupo (principais produtos em termos de produção), com grande concentração nas regiões Centro-Oeste e Sudeste. Verifica-se, também, uma grande quantidade de minas de rochas (britadas) e cascalho distribuídas pelo País, novamente com destaque para as regiões Sudeste e Centro-Oeste (ANM, [2022]).

Visto que alguns desses minérios com maior produção comercializada não geram grande impacto na rede de transportes, pois percorrem curtas distâncias, também foram analisados geograficamente os minérios mais relevantes no âmbito do comércio exterior, definidos no capítulo 1 e apresentados no Quadro 1. Desse modo, a Tabela 2 exibe os volumes de produção dos principais minérios quanto ao comércio internacional.

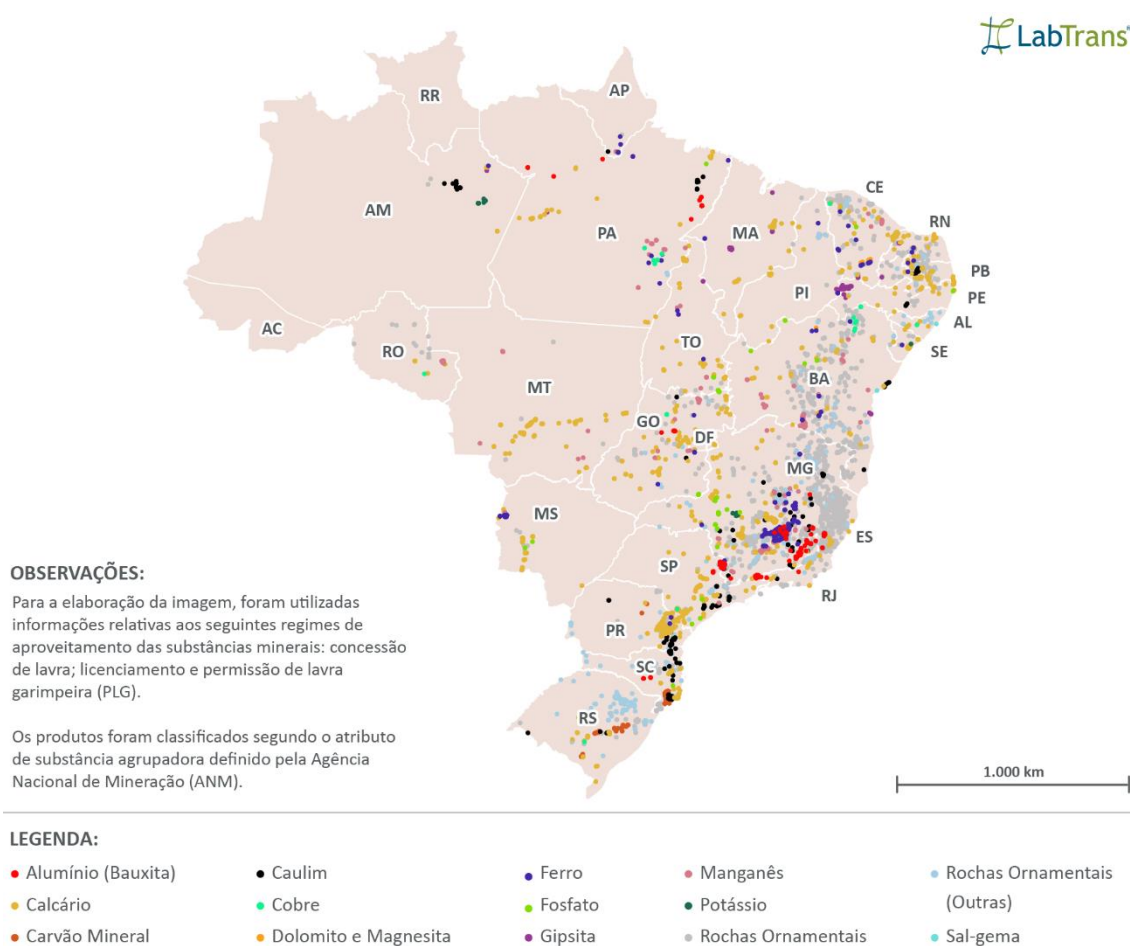
Tabela 2 – Volumes dos principais minérios em termos de relevância no comércio exterior (t) (2020)

N	MINÉRIO (SUBSTÂNCIA AGRUPADORA)	BRUTA	BRUTA COMERCIALIZADA	BENEFICIADA COMERCIALIZADA	TOTAL COMERCIALIZADA
1	Ferro	524.778.782	8.057.106	386.972.532	395.029.639
2	Calcário	158.450.810	36.866.838	131.370.363	168.237.200
3	Alumínio (bauxita)	42.858.639	1.167.956	30.673.935	31.841.891
4	Fosfato	37.976.209	5.150.451	7.626.501	12.776.952
5	Dolomito e Magnesita	14.731.992	3.691.865	8.108.568	11.800.433
6	Carvão mineral	10.432.850	-	5.919.272	5.919.272
7	Rochas ornamentais	5.328.388	4.848.596	122.438	4.971.034
8	Manganês	3.925.084	145.217	3.116.084	3.261.301
9	Gipsita	2.851.643	1.028.643	1.675.696	2.704.339
10	Caulim	3.402.302	1.375.600	1.229.138	2.604.738
11	Cobre	90.104.236	104.511	1.214.010	1.318.521
12	Rochas ornamentais - outras	1.052.608	994.067	102.950	1.097.017
13	Potássio	2.157.410	320.633	412.482	733.115
14	Sal	463.062	464.330	-	464.330
15	Enxofre	1.414.666	-	201.146	201.146

Fonte: ANM ([2022]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Na Figura 4 são apresentadas as localizações das minas desses principais produtos em termos de comércio exterior.

Figura 4 – Minas existentes: principais produtos (comércio exterior)



Fonte: ANM ([2022]) e IBGE ([2021]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

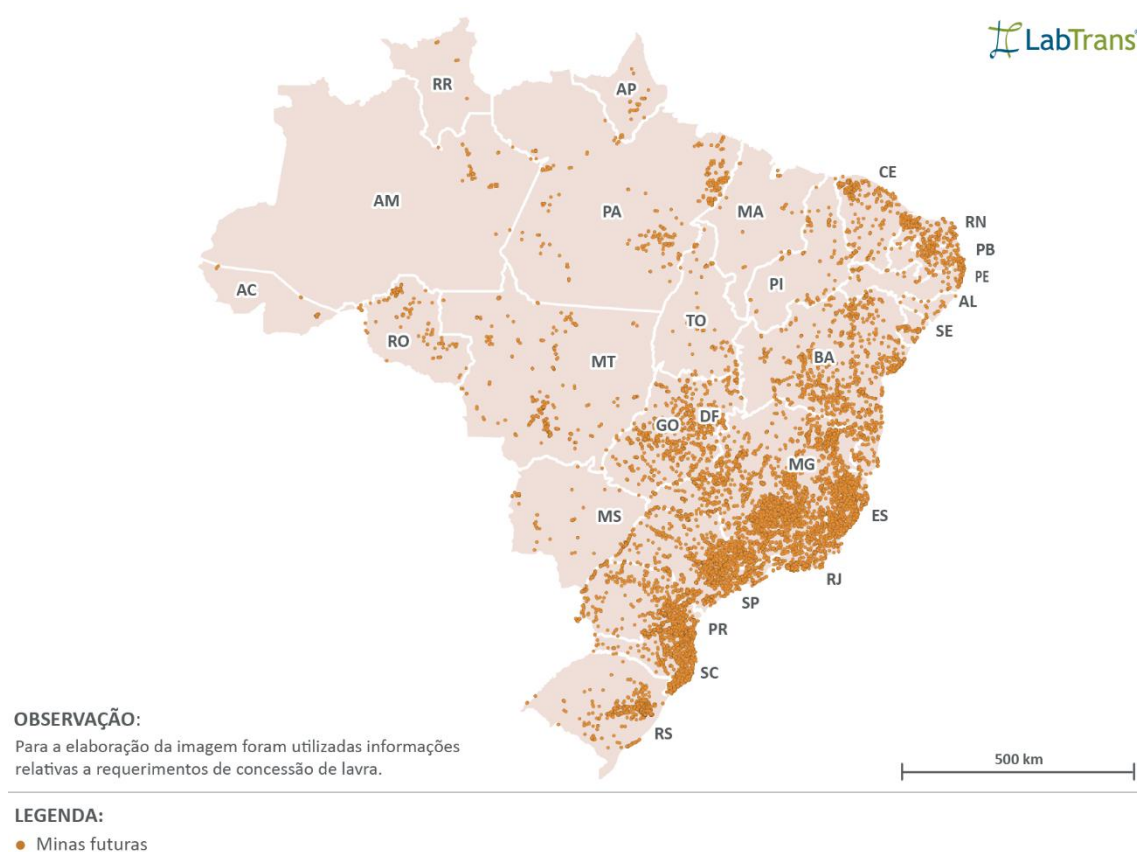
Nota-se, com base na Figura 4, um grande volume de minas de rochas ornamentais, sendo elas responsáveis por 40% do total das minas desse grupo (principais produtos em termos de comércio exterior), com predominância nas regiões Sudeste e Nordeste. Já o calcário é responsável por 27% do total das minas existentes do grupo e possui uma distribuição mais homogênea entre as regiões do País (ANM, [2022]).

Ainda no cenário de minas existentes, vale destacar que, apesar deste representar apenas 1,58% do total, as minas de ferro correspondem ao maior volume de produção comercializada entre todas as substâncias (*vide* Tabela 1) (ANM, [2022]).

2.2 MINAS FUTURAS

Com relação às minas futuras, isto é, os depósitos minerais que ainda entrarão em produção, foram considerados dados dos processos nas fases de requerimento de concessão de lavra, a partir de informações fornecidas pela ANM ao LabTrans/UFSC, para a elaboração dos mapas. Assim sendo, na Figura 5, são apresentadas as localizações das minas futuras no Brasil.

Figura 5 – Minas futuras

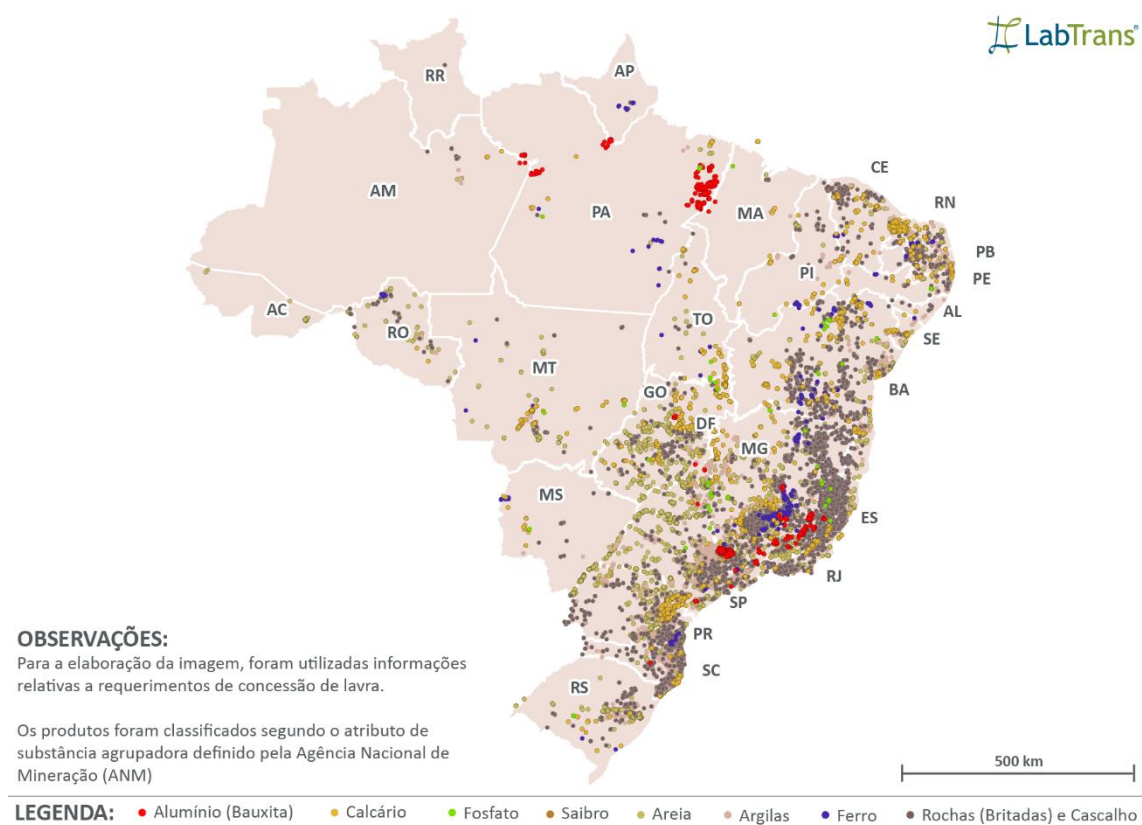


Fonte: ANM ([2022]) e IBGE ([2021]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Nota-se, com base na Figura 5, que, assim como para as minas em produção atualmente, a concentração das minas futuras também ocorre na faixa litorânea do País. As regiões Sudeste, Sul e Nordeste compreendem, respectivamente, 48%, 25% e 15% do total de minas previstas para entrarem em produção (ANM, [2022]).

Analogamente ao disposto em 2.1, foram elaborados mapas destacando os principais minérios em relação à produção comercializada e quanto ao comércio exterior. A Figura 6 apresenta a localização das minas previstas para os principais produtos com maior volume de produção comercializada.

Figura 6 – Minas futuras: principais produtos (produção)

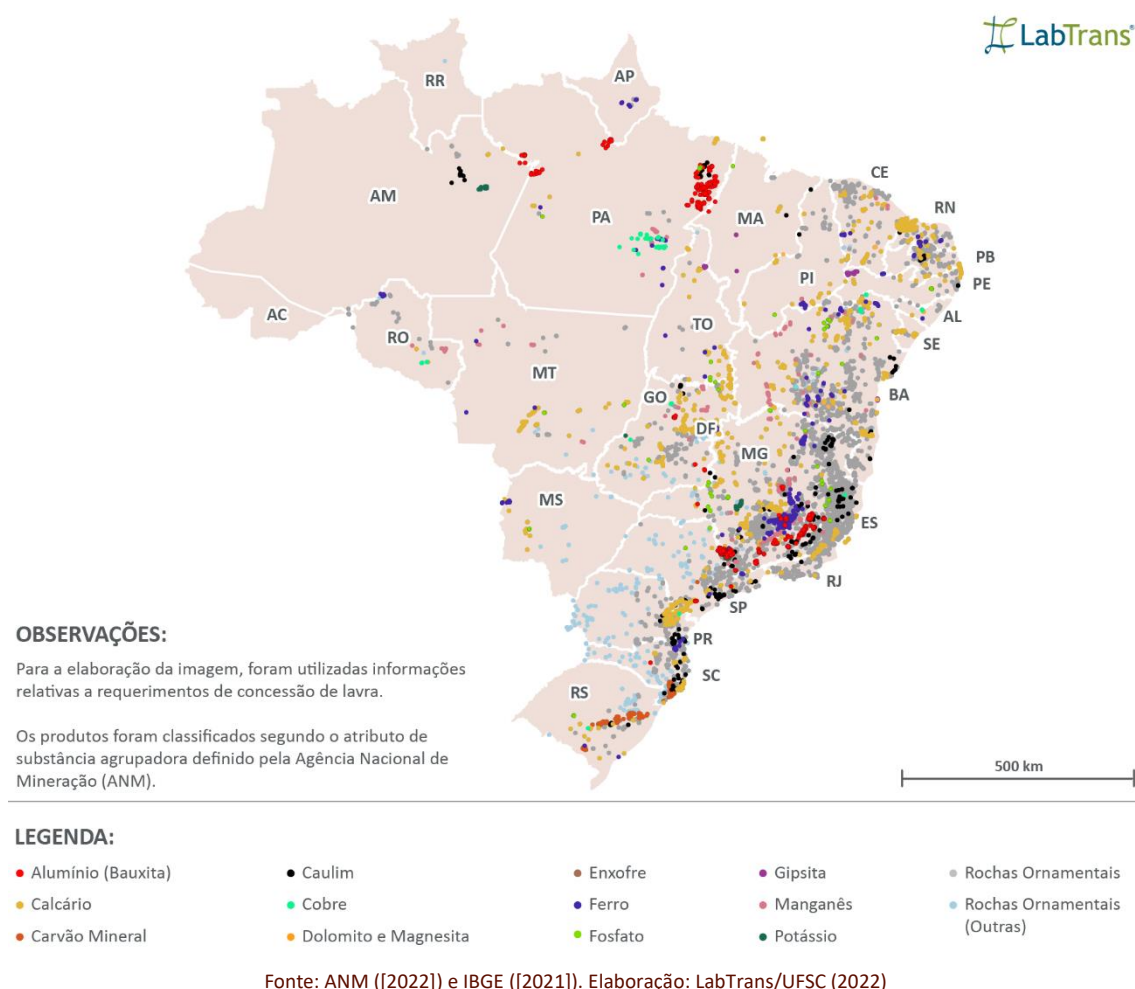


Fonte: ANM (2022) e IBGE ([2021]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Analisando a Figura 6, percebe-se uma maior concentração nas regiões Sudeste, Sul e Nordeste com, respectivamente, 47%, 25% e 16%. As substâncias com mais jazidas a serem exploradas são: rochas (britadas) e cascalho, compreendendo 39% do total das minas futuras desse grupo; areia, que corresponde a 33%; e calcário, com 9%. Essas três substâncias representam 81% do total (ANM, [2022]).

Com relação às principais substâncias quanto ao comércio exterior, o mapa da Figura 7 apresenta a localização das minas futuras de cada uma delas.

Figura 7 – Minas futuras: principais produtos (comércio exterior)



Verifica-se, na Figura 7, que grande parte das minas futuras desse grupo de minérios corresponde às rochas ornamentais e às rochas ornamentais (outras), que representam, respectivamente, 37% e 41%, totalizando cerca de 78% das minas a entrarem em produção (principais minérios no comércio exterior), localizando-se principalmente nas regiões Sudeste e Nordeste do País (ANM, [2022]).

2.3 COMÉRCIO EXTERIOR

O Brasil é um dos maiores produtores de minérios do mundo, tendo a exportação destes como um dos grandes pilares da sua balança comercial (IBRAM, 2022a). Por outro lado, o País não é autossuficiente em diversos minérios consumidos internamente, sobretudo na agricultura e na atividade industrial, ou seja, há a necessidade de importação desses insumos. Dessa forma, há um grande impacto nas malhas de transporte, tanto para o escoamento quanto para a distribuição interna dos minérios, especialmente por conta do alto volume que caracteriza a indústria mineral.

Nesse sentido, em acordo com a definição inicial de **17 minérios** apresentada no capítulo 1, a presente seção destaca para os fluxos de exportação e importação: os principais minérios comercializados, os principais portos utilizados e os principais destinos ou origens dos produtos.

Os dados necessários para realização das análises foram extraídos do Comex Stat, do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) (BRASIL, 2022c), sendo considerados os volumes movimentados em 2020. Destaca-se que, para os portos, os dados são agrupados por Unidade da Receita Federal (URF), portanto os valores apresentados podem se referir a mais de um porto ou terminal marítimo quando antecidos pelas siglas de Inspeção Regional de Fiscalização (IRF) ou de Alfândega da Receita Federal (ALF).

2.3.1 EXPORTAÇÃO

Com relação ao fluxo de exportação, os principais minérios exportados, seus volumes e as respectivas participações são evidenciados na Tabela 3.

Tabela 3 – Principais minérios exportados pelo Brasil em 2020 (95% da movimentação)

Nº	MINÉRIO	VOLUME (T)	PARTICIPAÇÃO
1	Ferro	341.080.458	96,22%*
2	Alumínio	4.525.150	33,74%
3	Manganês	3.130.627	23,34%
4	Sal	1.464.665	10,92%
5	Cobre	1.146.556	8,55%
6	Caulim	1.076.276	8,02%
7	Rochas ornamentais	965.820	7,20%
8	Dolomita	260.202	1,94%
9	Magnésio	232.426	1,73%

*A porcentagem de 95% de participação nas exportações inicia após o ferro, visto que ele próprio representa mais de 96%.

Fonte: Brasil (2022c). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Destaca-se a movimentação de minério de ferro, produto responsável por mais de 96% da exportação mineral do Brasil em 2020. Nota-se, ainda, que o alumínio e o manganês são outros minérios relevantes nas exportações brasileiras.

No que se refere às principais instalações portuárias de exportação mineral do País, são evidenciadas na Tabela 4 as que compreendem 99% da movimentação. A tabela mostra o volume exportado dos principais minérios, além do volume total de minérios movimentados pelos respectivos portos.

Tabela 4 – Principais portos de exportação mineral no Brasil em 2020 (99% da movimentação)

PORTO (URF)	MINÉRIO	VOLUME (T)	VOLUME TOTAL (T)
0317903 - IRF SÃO LUÍS	Ferro	186.616.577	188.640.565
	Manganês	1.165.735	
	Cobre	858.253	
0717800 - PORTO DE ITAGUAÍ	Ferro	82.752.175	82.762.149
	Magnésio	4.690	
	Rochas ornamentais	4.454	
0727600 - PORTO DE VITÓRIA	Ferro	45.685.071	46.708.824
	Rochas ornamentais	788.132	
	Cobre	229.867	
	Dolomita	5.753	
0710251 - IRF CAMPOS DOS GOYTACAZES	Ferro	23.666.236	23.666.236
0210200 - SANTARÉM	Alumínio	4.422.943	4.422.943
0217800 - ALF - BELÉM	Manganês	1.302.190	2.263.995
	Caulim	942.516	
	Cobre	19.287	
0147600 - ALF - CORUMBÁ	Ferro	1.925.997	2.227.281
	Manganês	298.469	
	Alumínio	2.392	

Fonte: Brasil (2022c). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Na Tabela 4, pode-se notar que os principais portos de escoamento mineral do País acabam por ser aqueles com maior operação de minério de ferro, isto é, São Luís, Itaguaí, Vitória e Campos dos Goytacazes.

Ainda nesse contexto, a Tabela 5 elenca os principais portos na operação de cada um dos nove minérios exportados analisados.

Tabela 5 – Principais portos de exportação no Brasil para cada minério selecionado em 2020 (99% da movimentação)

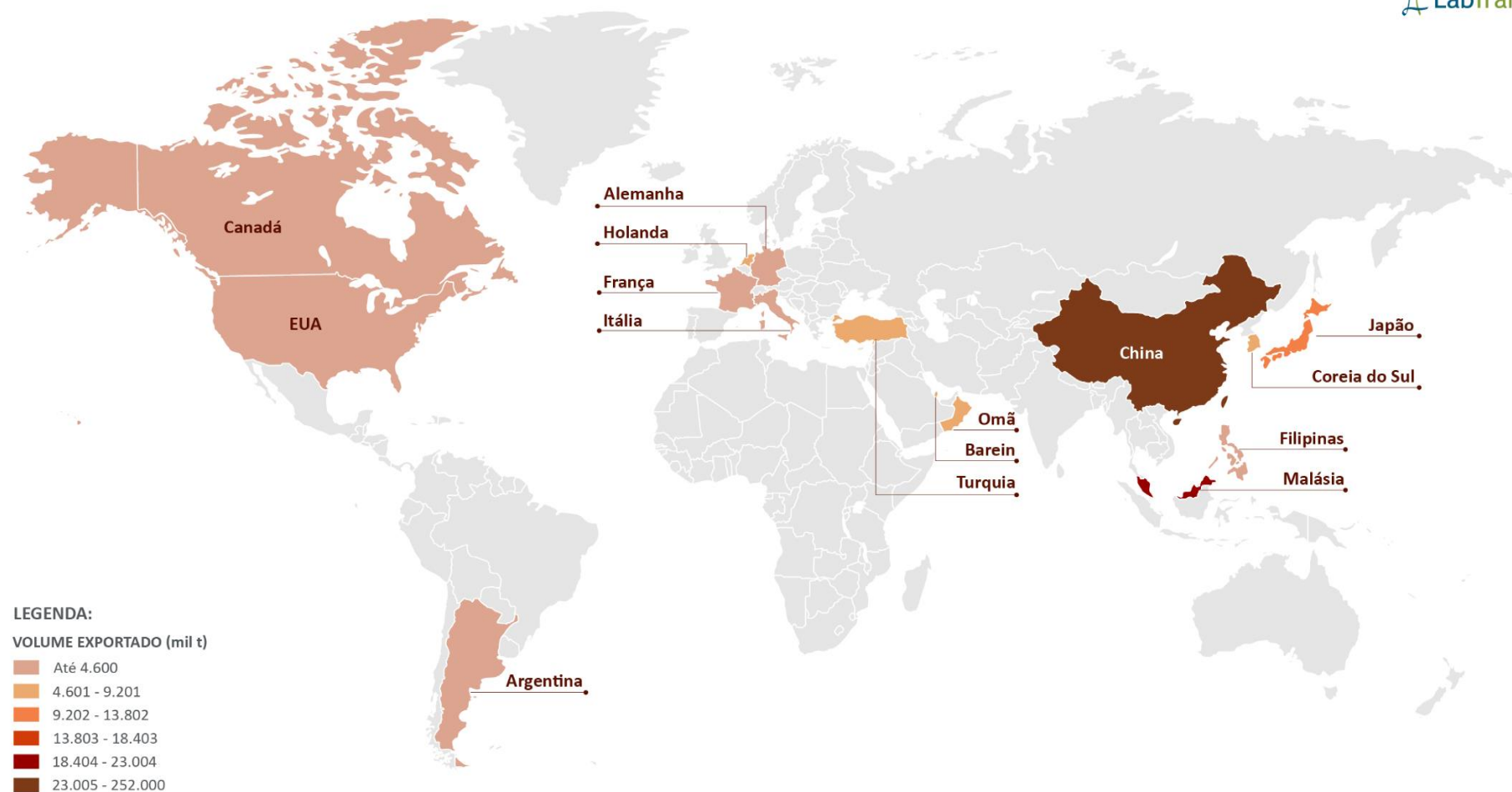
MINÉRIO	PORTO (URF)	VOLUME (T)	PARTICIPAÇÃO
Ferro	0317903 - IRF SÃO LUÍS	186.616.577	54,72%
	0717800 - PORTO DE ITAGUAÍ	82.752.175	24,27%
	0727600 - PORTO DE VITÓRIA	45.685.071	13,40%
	0710251 - IRF CAMPOS DOS GOYTACAZES	23.666.236	6,94%
Alumínio	0210200 - SANTARÉM	4.272.641	98,12%
Manganês	0217800 - ALF - BELÉM	1.302.190	41,60%
	0317903 - IRF SÃO LUÍS	1.165.735	37,24%
	0317900 - ALF - FORTALEZA	336.811	10,76%
	0147600 - ALF - CORUMBÁ	298.469	9,53%
Sal	0420154 - IRF NATAL	1.443.172	98,53%

MINÉRIO	PORTO (URF)	VOLUME (T)	PARTICIPAÇÃO
Cobre	0317903 - IRF SAO LUÍS	858.253	74,86%
	0727600 - PORTO DE VITÓRIA	229.867	20,05%
	0520100 - ARACAJU	31.479	2,75%
Caulim	0217800 - ALF - BELÉM	942.516	87,93%
	0240152 - SANTANA	127.431	11,89%
Rochas ornamentais	0727600 - PORTO DE VITÓRIA	788.132	81,60%
	0817800 - PORTO DE SANTOS	92.281	9,55%
	0317900 - ALF - FORTALEZA	41.238	4,27%
Dolomita	0147700 - ALF - MUNDO NOVO	224.712	86,36%
	0917500 - ALF - FOZ DO IGUAÇU	11.964	4,60%
	0917501 - IRF - GUAÍRA	9.936	3,82%
	0727600 - PORTO DE VITÓRIA	5.753	2,21%
Magnésio	0517800 - ALF - SALVADOR	182.775	78,64%
	0317900 - ALF - FORTALEZA	22.233	9,57%
	0817800 - PORTO DE SANTOS	14.330	6,17%
	1017500 - ALF - URUGUAIANA	6.329	2,72%

Fonte: Brasil (2022c). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Os minérios exportados pelo Brasil têm diversos destinos, estando especialmente ligados à atividade industrial dos países compradores. Assim, a Figura 8 apresenta os principais países de destino dos minérios brasileiros.

Figura 8 – Principais destinos dos minérios brasileiros em 2020 (95% da movimentação)



Fonte: Brasil (2022c). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Vale destacar que a China é o principal comprador do setor mineral brasileiro, compreendendo 70,95% do volume total de minérios exportados. Outros países com relevância nas exportações são Malásia e Japão, os quais correspondem juntos cerca de 10% do total (BRASIL, 2022c).

2.3.2 IMPORTAÇÃO

Apesar de ser um grande produtor mineral, o Brasil importa uma gama significativa de minérios em que não é autossuficiente. A Tabela 6 apresenta os principais minérios importados pelo País em 2020, os quais representam 95% da movimentação.

Tabela 6 – Principais minérios importados pelo Brasil em 2020 (95% da movimentação)

Nº	MINÉRIO	VOLUME (T)	PARTICIPAÇÃO
1	Carvão mineral	17.859.400	72,51%
2	Enxofre	2.189.962	6,76%
3	Fosfato	1.760.623	6,65%
4	Sal-gema	1.330.397	4,14%
5	Calcário	657.973	2,23%
6	Cobre	301.551	1,10%
7	Dolomita	215.128	1,08%
8	Gipsita	180.127	0,77%

Fonte: Brasil (2022c). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Nota-se a grande relevância do carvão mineral nas importações brasileiras, visto que o minério correspondeu a 72,51% do volume total importado no referido ano, ou seja, quase 18 milhões de toneladas.

Com relação aos portos, a Tabela 7 evidencia os responsáveis por 99% da importação mineral do País, destacando a movimentação para os principais minérios e o volume total de minérios movimentados pelos portos.

Tabela 7 – Principais portos de importação mineral no Brasil em 2020 (99% da movimentação)

PORTO (URF)	MINÉRIO	VOLUME (T)	VOLUME TOTAL (T)
0727600 - PORTO DE VITÓRIA	Carvão mineral	8.185.888	8.892.851
	Fosfato	8.000	
0717800 - PORTO DE ITAGUAÍ	Carvão mineral	2.499.191	4.858.433
	Calcário	2.148.037	
	Dolomita	505.185	
	Gipsita	499.209	
	Enxofre	2.519	

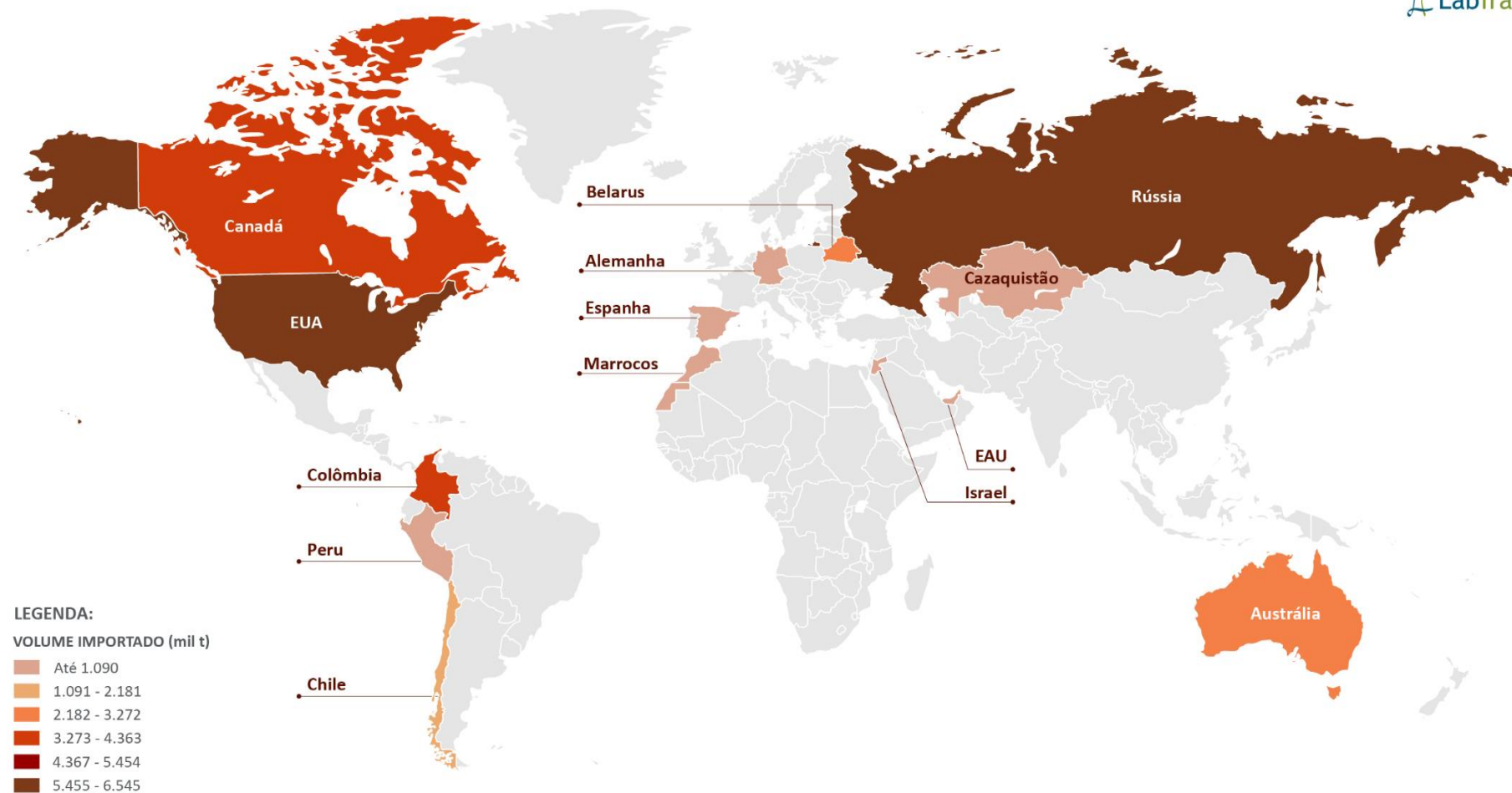
PORTO (URF)	MINÉRIO	VOLUME (T)	VOLUME TOTAL (T)
0817800 - PORTO DE SANTOS	Enxofre	2.148.037	3.157.920
	Fosfato	505.185	
	Sal-gema	499.209	
	Calcário	2.519	
	Carvão mineral	2.019	
0317900 - ALF - FORTALEZA	Carvão mineral	2.357.251	2.357.251
0317902 - IRF - PORTO DE PECÉM	Carvão mineral	2.357.251	2.368.380
0320151 - IRF - PORTO DE SÃO LUÍS	Carvão mineral	742.245	1.395.707
	Calcário	86.510	
	Fosfato	5.250	
0927502 - IRF - IMBITUBA	Sal-gema	622.485	758.917
	Carvão mineral	136.431	
0217800 - ALF - BELÉM	Carvão mineral	663.715	683.515
	Fosfato	19.800	
0917800 - PORTO DE PARANAGUÁ	Fosfato	564.299	671.170
	Sal-gema	106.381	
0517800 - ALF - SALVADOR	Cobre	301.378	477.309
	Fosfato	140.272	
	Enxofre	40.698	
0317903 - IRF SAO LUÍS	Carvão mineral	313.068	477.309
	Calcário	47.350	
	Fosfato	7.436	
1017700 - PORTO DE RIO GRANDE	Fosfato	347.637	347.671
0710400 - CAMPOS DOS GOITACAZES	Carvão mineral	232.079	232.079
0927700 - PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL	Fosfato	135.143	136.063

Fonte: Brasil (2022c). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Ressalta-se que os principais portos de entrada de minérios no Brasil estão bem distribuídos ao longo de toda a costa brasileira e costumam operar o desembarque de minérios que possuem relação com a produção agrícola.

Ademais, os minérios importados pelo Brasil têm diversas origens, a depender da disponibilidade mineral dos países, como a grande remessa de minerais ligados ao cultivo do solo com origem em países do leste europeu, em especial Rússia e Belarus. Nesse sentido, a Figura 9 apresenta os principais países de origem dos minérios importados pelo Brasil.

Figura 9 – Principais origens dos minérios importados pelo Brasil em 2020 (95% da movimentação)



Fonte: Brasil (2022c). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Destaca-se que os Estados Unidos da América (EUA) e a Rússia são os países que mais vendem minérios para o Brasil, respondendo, cada um deles, por aproximadamente 18% do volume total de minérios importados. Outros países com relevância nas importações brasileiras são Canadá e Colômbia, os quais correspondem, juntos, a 22,24% do total (BRASIL, 2022c).

2.4 DEFINIÇÃO DOS PRINCIPAIS PRODUTOS A SEREM AVALIADOS

Após as análises de produção, exportação e importação, buscou-se determinar os produtos a serem estudados com maior profundidade, sobretudo nas questões de mercado e de transporte e logística. Desse modo, em tratativas com o MME, acordou-se que **seis minérios** seriam avaliados, sendo apresentadas duas propostas de seleção: uma considerando uma abordagem estatística e outra baseada em uma visão estratégica para o setor.

PROPOSTA 1: SELEÇÃO ESTATÍSTICA

Com base nos dados de comércio exterior apresentados em 2.3, a primeira proposta considerou um caráter estatístico, em que foram selecionados os três principais minérios de exportação e os três principais minérios de importação conforme o volume movimentado em 2020. Dessa forma, a seleção definida nessa primeira proposta é apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 – Proposta de seleção estatística

Nº	MINÉRIO	SENTIDO	VOLUME 2020 (T)
1	Ferro	Exportação	341.080.458
2	Carvão mineral	Importação	17.859.400
3	Alumínio (bauxita)	Exportação	4.525.150
4	Manganês	Exportação	3.130.627
5	Enxofre	Importação	2.189.962
6	Fosfato	Importação	1.760.623

Fonte: Brasil (2022c). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

PROPOSTA 2: SELEÇÃO ESTRATÉGICA

Como segunda alternativa, propôs-se uma seleção que considerasse diferentes categorias de minérios, especialmente contemplando minérios de transição energética e os agrominerais. A definição dessas categorias se deu conforme as referências compiladas no Quadro 2.

Quadro 2 – Definição dos minérios conforme categoria

CATEGORIA	MINÉRIOS COMPONENTES		FONTE
Minérios de transição energética	Ferro	Manganês	World Bank Group (2017)
	Alumínio (bauxita)	Níquel	
	Cobre	Prata	
	Lítio	Zinco	
Agrominerais	Enxofre	Potássio	Mota, Vasconcelos e Cardoso ([2021])
	Fosfato	Calcário	

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Dessa forma, obteve-se a definição de quatro minérios conforme movimentação (proposta estatística) e dois minérios estratégicos (um agromineral e um de transição energética). Assim sendo, buscando contemplar o mineral de transição energética, faltante na primeira proposta, sugeriu-se substituir o fosfato (menor movimentação) pelo cobre, por ser este o de transição energética com maior movimentação. A segunda proposta de seleção consta na Tabela 9.

Tabela 9 – Proposta de seleção estratégica

Nº	MINÉRIO	SENTIDO	VOLUME 2020 (T)	CLASSIFICAÇÃO
1	Ferro	Exportação	341.080.458	Mineral metálico Transição energética
2	Carvão mineral	Importação	17.859.400	Mineral energético
3	Alumínio (bauxita)	Exportação	4.525.150	Mineral metálico Transição energética
4	Manganês	Exportação	3.130.627	Mineral metálico
5	Enxofre	Importação	2.189.962	Agromineral
6	Cobre	Exportação/ Importação	1.448.108	Mineral metálico Transição energética

Fonte: Brasil (2022c). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

SELEÇÃO FINAL (MME)

Após a análise do MME acerca das propostas apresentadas, foi determinada a substituição do enxofre pelo fosfato, além da retirada do carvão mineral e a inclusão do potássio, em virtude do grande volume de importação desse minério no País, o qual não havia sido considerado previamente por ser classificado pela ANM como minério da indústria de transformação. Dessa forma, a **lista final dos seis minérios selecionados** para o estudo é apresentada na Tabela 10.

Tabela 10 – Lista dos minérios selecionados

Nº	MINÉRIO	SENTIDO	VOLUME 2020 (T)	CLASSIFICAÇÃO
1	Ferro	Exportação	341.080.458	Mineral metálico Transição energética
2	Potássio	Importação	11.235.691	Agromineral
3	Alumínio (bauxita)	Exportação	4.525.150,	Mineral metálico Transição energética
4	Manganês	Exportação	3.130.627	Mineral metálico
5	Fosfato	Importação	1.760.623	Agromineral
6	Cobre	Exportação/ Importação	1.448.108	Mineral metálico Transição energética

Fonte: Brasil (2022c). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Nas seções a seguir, são apresentadas informações gerais, tais como reservas mundiais e nacionais, processo produtivo e volumes de produção, de transporte interno e de movimentação nos complexos portuários (acima de 100 mil toneladas), para cada um dos minérios selecionados.

2.4.1 ALUMÍNIO (BAUXITA)

O alumínio (Al) é um elemento químico que pertencente ao grupo dos metais representativos, integrante do grupo XIII da Tabela Periódica dos Elementos, com número atômico 13. Em sua forma metálica, o elemento se apresenta em estado sólido, sendo igualmente um metal leve e com boa condutibilidade elétrica. Embora não seja encontrado diretamente em estado metálico na crosta terrestre, constitui-se como o elemento metálico mais abundante no planeta, obtido a partir da mineração da bauxita (MÁRTIRES, 2009; ABAL, [2019]).

A bauxita é o principal minério de alumínio, além de ser sua fonte comercial mais representativa. Essa rocha é constituída por uma mistura de óxidos de alumínio e se concentra na natureza em forma de grandes depósitos. Em vista disso, considerando o processo de obtenção do alumínio metálico, a bauxita é submetida a uma série de processos químicos: sendo o primeiro subproduto dessa cadeia a alumina (ou óxido de alumínio – Al_2O_3) (UFRGS, 2021; ABAL, [2019]).

Estima-se que as **reservas mundiais de bauxita** representam um montante de 32 bilhões de toneladas, em valores aproximados, dos quais 72,5% estão distribuídos em cinco países, a saber: 7,4 bilhões de toneladas estão localizadas na Guiné; 5,8 bilhões no Vietnã; 5,3 bilhões na Austrália; 2,7 bilhões no Brasil; e 2 bilhões na Jamaica. Desse modo, o Brasil possui a quarta maior reserva mundial de bauxita, correspondendo a quase 8,5% do total das reservas mundiais (BRAY, 2022).

Com relação às **reservas de bauxita no Brasil**, verifica-se que estão concentradas em um número reduzido de regiões, principalmente no Pará, em Minas Gerais e em Goiás. No território paraense, por exemplo, concentram-se reservas que somam cerca de 2,23 bilhões de toneladas. Em Minas Gerais estima-se 342 milhões de toneladas e em Goiás 76,2 milhões de toneladas. Unidas as reservas desses três estados, estas representam 98,9% de todos os depósitos nacionais de bauxita (MONTEIRO; SILVA, 2021).

De acordo com a Associação Brasileira do Alumínio (ABAL, [2019]), a mineração da bauxita é realizada seguindo três etapas básicas. Primeiramente, é realizada a retirada planejada da vegetação e do solo orgânico. Então, remove-se as camadas superficiais do solo (argilas e lateritas). E, por fim, inicia-se o beneficiamento, com britagem para a redução das dimensões da rocha, lavagem com água visando reduzir o teor de sílica e secagem. A bauxita deve apresentar um teor de, no mínimo, 30% de óxido de alumínio (Al_2O_3) para ser considerada como economicamente viável.

Dados do Anuário Mineral Brasileiro (AMB), com relação ao ano de 2020, demonstram que a extração da bauxita é realizada por companhias mineradoras, como a Mineração Rio do Norte S.A. (MRN), a Mineração Paragominas S.A., a Alcoa World Alumina Brasil Ltda. (Alcoa) e a Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), as quais detêm, respectivamente, 39,38%, 32,85%, 23,81% e 1,94% da extração da bauxita (42.667.167 de toneladas de produção bruta) (ANM, 2021). Cabe ressaltar, ainda, que as técnicas de beneficiamento se relacionam de maneira diferente com a bauxita, embora os elevados teores de óxido de alumínio encontrados nesses minérios façam com que não sejam exigidos processos de beneficiamento muito elaborados (SAMPAIO; ANDRADE; DUTRA, 2005).

Dando seguimento à **cadeia produtiva** do alumínio, tem-se que a bauxita extraída é comumente direcionada ao processo de refino para a obtenção de alumina. No Brasil, cerca de 98% do total extraído de bauxita possui como destino as refinarias de alumina. As principais empresas que atuam no setor são a Norsk Hydro Brasil LTDA., a Alcoa e a South32 Minerals S.A. (South32), que detêm, em conjunto, aproximadamente 89% da produção total da alumina no País (ABAL, c2019b).

O processo de refino normalmente utilizado para a obtenção de alumina é denominado *Bayer*. Em linhas gerais, tem-se a sequência (ABAL, [2019]):

- I. A moagem e a dissolução da alumina em soda cáustica.
- II. A filtração da alumina para separar o material sólido.
- III. O filtrado é concentrado para a cristalização da alumina.

- V. O pó branco de alumina pura é enviado ao processo de redução eletrolítica.

A alumina obtida na fase de refino, além de ser utilizada na obtenção do alumínio primário, possui diversas outras aplicações, como a fabricação de materiais refratários, o tratamento de água, a utilização em produtos abrasivos e de polimento e como retardante de chamas, em velas de ignição (ABAL, [2019]).

Após o refino, a alumina calcinada passa por um procedimento de redução em cubas eletrolíticas com a finalidade de se obter o alumínio primário. O processo é denominado *Hall-Héroult* e é composto, simplifiadamente, pelas etapas (ABAL, [2019]):

- I. A alumina é dissolvida em criolita fundida e fluoreto de alumínio em baixa tensão, decompondo-se em oxigênio.
- II. O oxigênio, por sua vez, combina-se com o ânodo de carbono, desprendendo-se na forma de dióxido de carbono, e em alumínio líquido, o qual se precipita no fundo da cuba eletrolítica.
- III. O alumínio primário líquido é transferido para a refusão por meio de cadinhos.
- IV. São produzidos lingotes, placas e tarugos de metal primário.

O procedimento de redução, por sua vez, ocorre nas usinas. De acordo com a ABAL, em 2020, destacaram-se no Brasil duas empresas produtoras de alumínio primário, são elas: a Alumínio Brasileiro S.A. (Albras) e a CBA, as quais, respectivamente, produziram 378,9 e 306,2 mil toneladas do material (ABAL, c2019c).

A Figura 10 representa esquematicamente um resumo das etapas de refino e de redução mencionados anteriormente.

Figura 10 – Fluxograma do processo produtivo do alumínio primário



Fonte: ABAL ([2019]) e Viana Neto (2010). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Na Tabela 11, são apresentados os valores dos volumes de produção do minério de alumínio, em toneladas, para o ano de 2020, considerando os valores de produção bruta, bruta comercializada e beneficiada comercializada (ANM, [2022]).

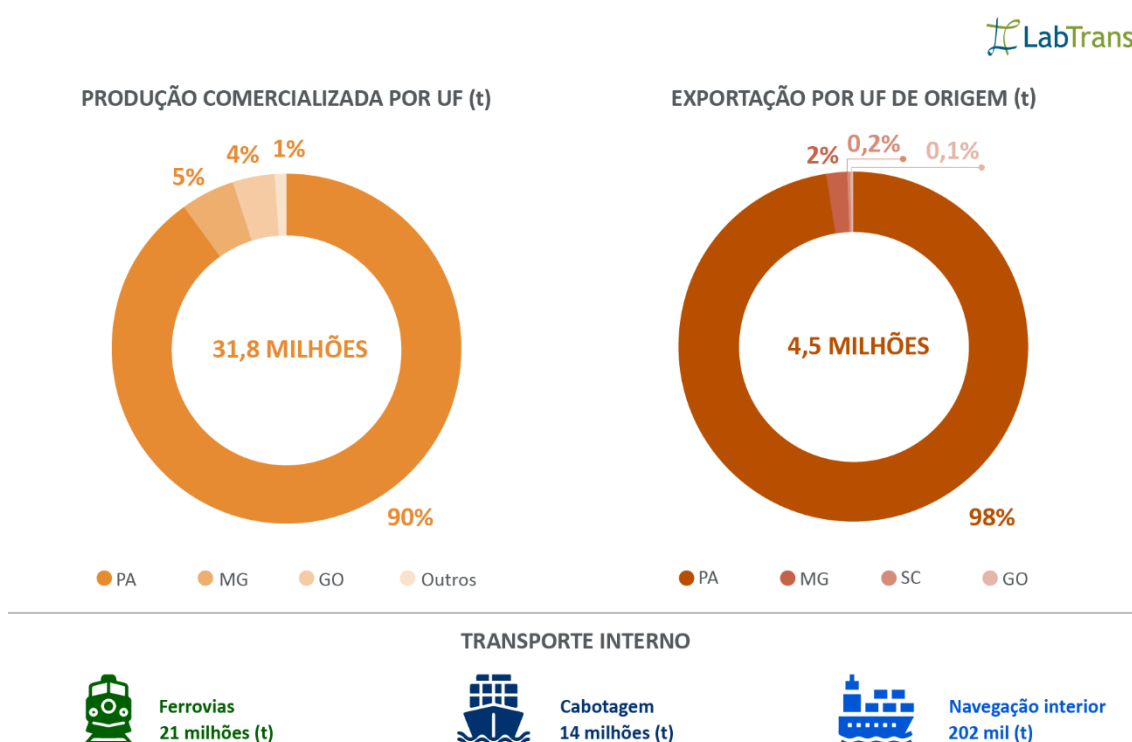
Tabela 11 – Volumes de produção do alumínio (bauxita) (t) (2020)

BRUTA	BRUTA COMERCIALIZADA	BENEFICIADA COMERCIALIZADA	TOTAL COMERCIALIZADA
42.858.639	1.167.956	30.673.935	31.841.891

Fonte: ANM ([2022]).

Na Figura 11, por sua vez, é exibida a porcentagem de produção comercializada (bruta e beneficiada) e A exportação nos estados, bem como a divisão modal para as movimentações do minério.

Figura 11 – Volumes de produção comercializada, exportação e transporte interno por modal do alumínio (bauxita) (em toneladas)



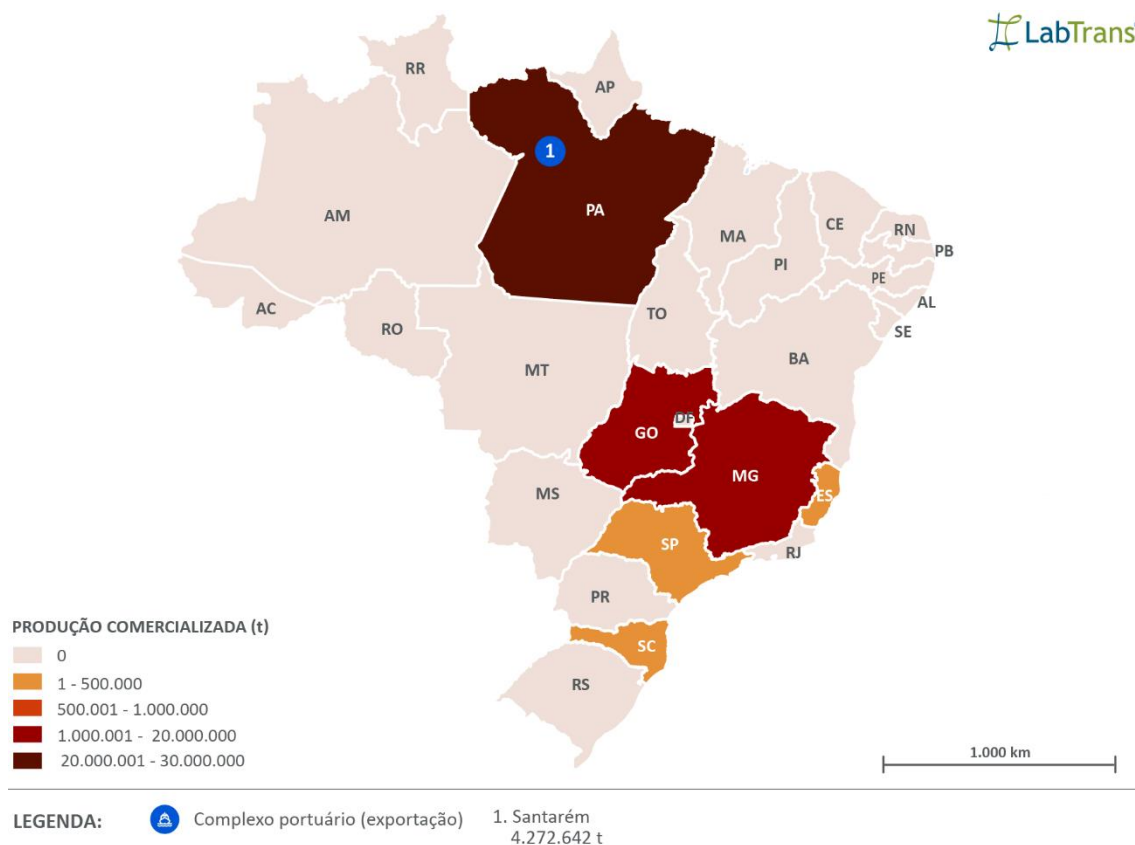
Fonte: ANM ([2022]), Brasil (2022c), ANTT (2022a) e ANTAQ (2022). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Assim sendo, com base nos dados de **produção comercializada** (bruta e beneficiada) da bauxita, nota-se uma expressiva predominância produtiva exercida pelo estado do Pará (90% do total da produção comercializada), e a complementaridade de Minas Gerais (5%) e Goiás (4%) (ANM, [2022]). Quanto às exportações do minério, a representatividade se mantém, visto que 98% das cargas é originária do Pará, 2% de Minas Gerais e 0,2% de Santa Catarina (BRASIL, 2022c). Acerca da divisão entre os modais de transporte, tem-se que 21 milhões de toneladas

de alumínio (bauxita) foram movimentadas em 2020 por meio do modal ferroviário, 14 milhões por cabotagem e 202 mil por navegação interior (ANTAQ, 2022).

A produção comercializada no ano de 2020, em cada estado brasileiro, também é esquematizada na Figura 12. Além disso, a imagem exibe os principais complexos portuários responsáveis pela exportação do minério em 2020, com destaque para o Complexo Portuário de Santarém, no qual foram carregadas aproximadamente 4,3 milhões de toneladas de bauxita (alumínio).

Figura 12 – Produção e volume exportado (t) de alumínio (bauxita) em 2020



Ainda no que concerne à produção e à comercialização da bauxita, observa-se que, em âmbito nacional, as empresas Norsk Hydro Brasil LTDA, Alcan Alumina LTDA., CBA, Alcoa e South32 atuam no processo de transformação da bauxita em alumina, isto é, o primeiro produto deste minério. Em outras etapas do processo produtivo – como na produção de ligas, chapas, fios e outros produtos e coprodutos de alumínio –, verifica-se a participação de uma grande variedade de atores, além das empresas mencionadas anteriormente (ABAL, c2019a).

A seguir, são apresentados dados sobre o uso e as aplicações do cobre.

2.4.2 COBRE

O cobre, símbolo químico (Cu), é um elemento pertencente ao grupo dos metais de transição, integrante do grupo XI da Tabela Periódica dos Elementos, com número atômico 29. Historicamente, mesmo com a dificuldade em precisar uma data definitiva, têm-se que esse minério foi provavelmente o primeiro explorado e utilizado pelo homem, há mais de 7 mil anos. O salto tecnológico propiciado por esse metal é pronunciado, inclusive, em sentido histórico à passagem da Idade da Pedra para a Idade do Bronze (RODRIGUES; SILVA; GUERRA, 2012).

Na natureza, o cobre não é encontrado em sua forma pura, mas concentrado, principalmente, nos minerais calcocita, calcopirita e malaquita. A calcocita, que possui de 1% a 2% de cobre, é a forma mais abundante extraída em minas subterrâneas ou a céu aberto. Em temperatura ambiente, o cobre é disposto na forma sólida, constituindo um metal de coloração vermelho-alaranjado, leve e maleável. Apesar de ser considerado como um dos metais não ferrosos mais utilizados no mundo, esse mineral é um elemento relativamente escasso na crosta terrestre (RODRIGUES; HEIDER; FONSECA, 2009; RODRIGUES; SILVA; GUERRA, 2012).

Em um levantamento realizado pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, do inglês – United States Geological Survey), no ano de 2022, estimou-se que as **reservas mundiais de minério de cobre** viáveis à exploração possuem em torno de 880 milhões de toneladas. Destas, cerca de 55% estariam distribuídas em cinco países, sendo eles: Chile (200 milhões), Austrália (93 milhões), Peru (77 milhões), Rússia (62 milhões) e México (53 milhões). O Brasil, de acordo com a ANM, em um estudo realizado em 2017, contava com reservas totais de cerca de 11 milhões de toneladas de cobre contido (USGS, 2022; ANM, 2019).

Os depósitos de minério de cobre mundiais estão hospedados, em grande medida, nos depósitos porfiríticos², sendo verificados nos minérios extraídos um teor do minério que varia entre 0,2% e 1%. Os depósitos sedimentares apresentam-se como a segunda fonte mais importante para a obtenção do minério de cobre, respondendo, no ano de 2017, por cerca de 20% da produção mundial. Diferentemente dos depósitos porfiríticos, estes se constituem por sulfetos finamente granulados e possuem teor médio de cobre de 2,1% (ROCIO *et al.*, [20--]).

As **reservas de minério de cobre no Brasil** estão distribuídas em diversas regiões, com destaque para a Região Norte. No estado do Pará, mais especificamente no distrito cuprífero de Carajás, em Marabá, encontram-se as maiores reservas de minério de cobre nacionais. O maior

² Isto é, depósitos geralmente formados em zonas instáveis da crosta terrestre onde se observam grandes volumes de minério, porém com baixos teores (GEOSCAN, 2021).

depósito, o de Salobo, contém 1.242.845.000 de toneladas de minério e teores de 0,72% de cobre. Destaca-se, também, a Região Nordeste do estado da Bahia, no distrito cuprífero do Vale do Curaçá, o qual integra em seu território a mina de Caraíba e as reservas da empresa Vale S.A. (Vale). No estado de Goiás, na Região Centro-Oeste, situam-se municípios onde também é verificada uma exploração significativa do minério, entre eles: Alto Horizonte, Niquelândia, Bom Jardim de Goiás, Palmeirópolis, Americano do Brasil e Mara Rosa (RODRIGUES; HEIDER; FONSECA, 2009).

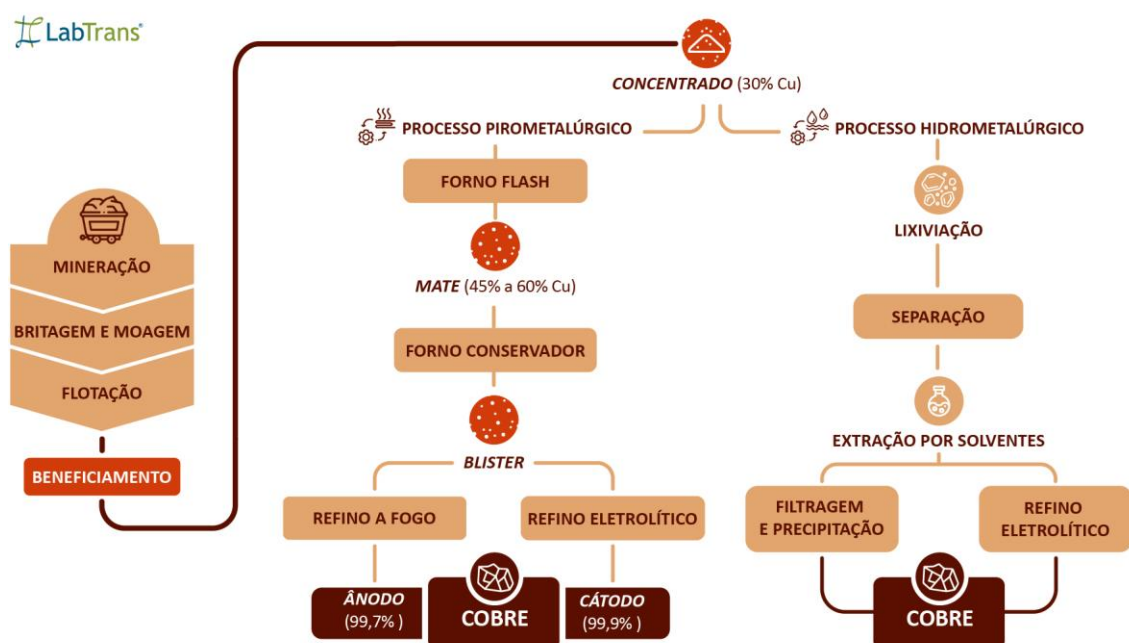
Com relação ao **processo produtivo** do cobre, verifica-se que sua cadeia primária produz quatro produtos principais: minério de cobre, concentrado de cobre, cobre fundido e cobre refinado. Os processos para obtenção desses produtos, no entanto, merecem maior atenção (ANDRADE *et al.*, 1997):

- Processo pirometalúrgico: após a extração do minério, realizada a céu aberto ou em galerias subterrâneas, ele é submetido aos processos de britagem, moagem, flotação e secagem, respectivamente. O produto dessa sequência é o concentrado de cobre que é enviado ao forno flash e transforma-se em mate (Cu₂S), sendo este, por sua vez enviado ao forno no intuito de obtenção do blister de cobre. Por fim, de acordo com a pureza deste blister, ele é submetido ao simples refino a fogo ou ao processo de refino eletrolítico (SILVA, 2011).
- Processo hidrometalúrgico³: de maneira geral, o método hidrometalúrgico é empregado para extração de cobre em minérios oxidados de baixo teor. Sendo assim, o produto que é obtido do processo de moagem do minério de ferro é submetido à lixiviação com os solventes adequados. Por fim, ocorre a filtração da solução e a precipitação do metal através de concentração (SILVA, 2011).

A Figura 13 apresenta um fluxograma simplificado do processo produtivo do minério de cobre a partir da extração até a fabricação do cobre.

³ Aqui é comumente empregado o processo denominado SX-EW.

Figura 13 – Fluxograma do processo produtivo do minério de cobre



Fonte: Leite, Araújo e Santos (2007). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

No que se refere às características do cobre, constatam-se sua alta condutibilidade elétrica e de temperatura, sua significativa facilidade em ser reaproveitado, sua maleabilidade e a possibilidade de formar diversas ligas metálicas, garantindo uma vasta multiplicidade de aplicações. Além disso, por conta de sua característica maleável, o material pode ser transformado com relativa facilidade sendo laminado, usinado ou forjado, por exemplo. Alguns dos empregos desse metal são: a produção de fios elétricos, de tubulações por conta de sua boa condutibilidade de calor, na construção de componentes da construção civil, entre outros (FERROLI; LIBRELOTTO, 2014; SILVA, 2011).

Nas etapas do processo produtivo do minério de cobre, atuam no mercado brasileiro diversas empresas produtoras. Entre essas empresas estão: no estado do Pará, a Salobo Metais S.A. e a Vale, com 52,9% e 20,2% de participação no setor, respectivamente; em Goiás, a empresa Mineração Maracá Indústria e Comércio S.A. (Mineração Maracá), que conta com 15,49% de participação; e, por fim, no estado da Bahia, a empresa Mineração Caraíba S.A. (Mineração Caraíba) com 1,94% (ANM, 2021).

A Tabela 12 apresenta os valores dos volumes de produção do minério de cobre, em toneladas, para o ano de 2020, considerando os valores de produção bruta, bruta comercializada e beneficiada comercializada (ANM, [2022]).

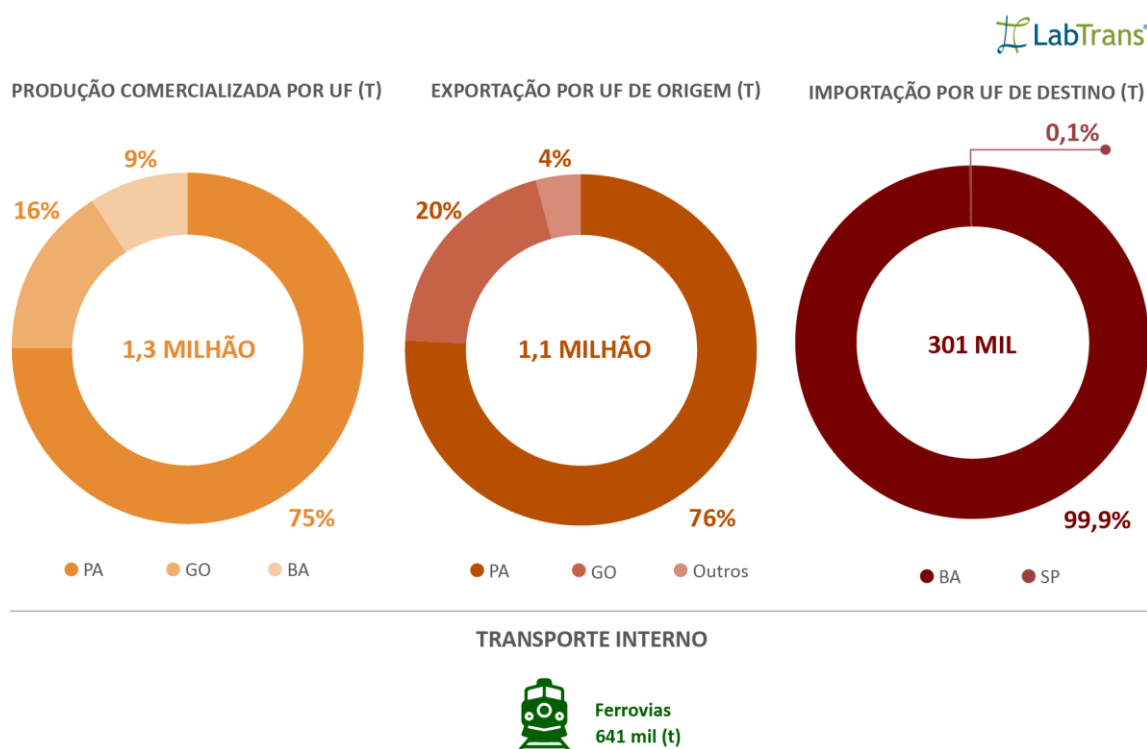
Tabela 12 – Volumes de produção do minério de cobre (t) (2020)

BRUTA	BRUTA COMERCIALIZADA	BENEFICIADA COMERCIALIZADA	TOTAL COMERCIALIZADA
90.104.236	104.511	1.214.010	1.318.521

Fonte: ANM ([2022]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Com base nos **dados da produção comercializada** (bruta e beneficiada) do minério de cobre, nota-se, como exposto na Figura 14, expressiva representatividade dos estados do Pará, de Goiás e da Bahia, os quais correspondem por 75%, 16% e 9% da produção comercializada em 2020, respectivamente. Ainda, no que tange aos dados de importação do minério por Unidade Federativa (UF), o estado da Bahia se apresenta como receptor principal da bauxita seguido por São Paulo, totalizando, respectivamente, 99,9% e 0,1% das importações totais (ANM, [2022]).

Figura 14 – Volumes de produção comercializada, exportação e transporte interno por modal do minério de cobre (em toneladas)

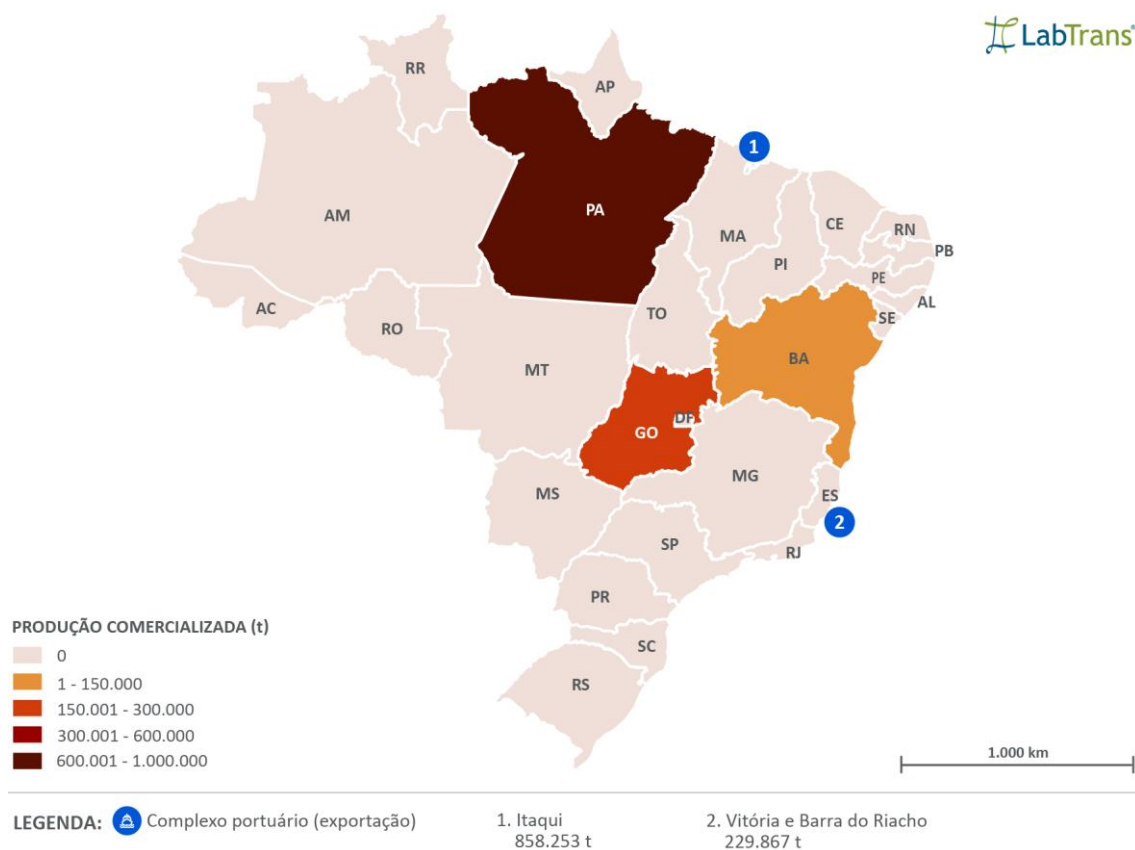


Fonte: ANM ([2022]), Brasil (2022c), ANTT (2022a) e ANTAQ (2022). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Ainda na Figura 14, observa-se, com relação às exportações do minério de cobre por estados da Federação, que a representatividade se mantém, visto que 76% do minério é originário do Pará e 20% de Goiás (BRASIL, 2022c). Por fim, destacam-se os volumes de cobre transportados internamente no País, onde se constata que 641 mil toneladas foram movimentadas, em 2020, por meio do modal ferroviário (ANTAQ, 2022; ANTT, 2022a).

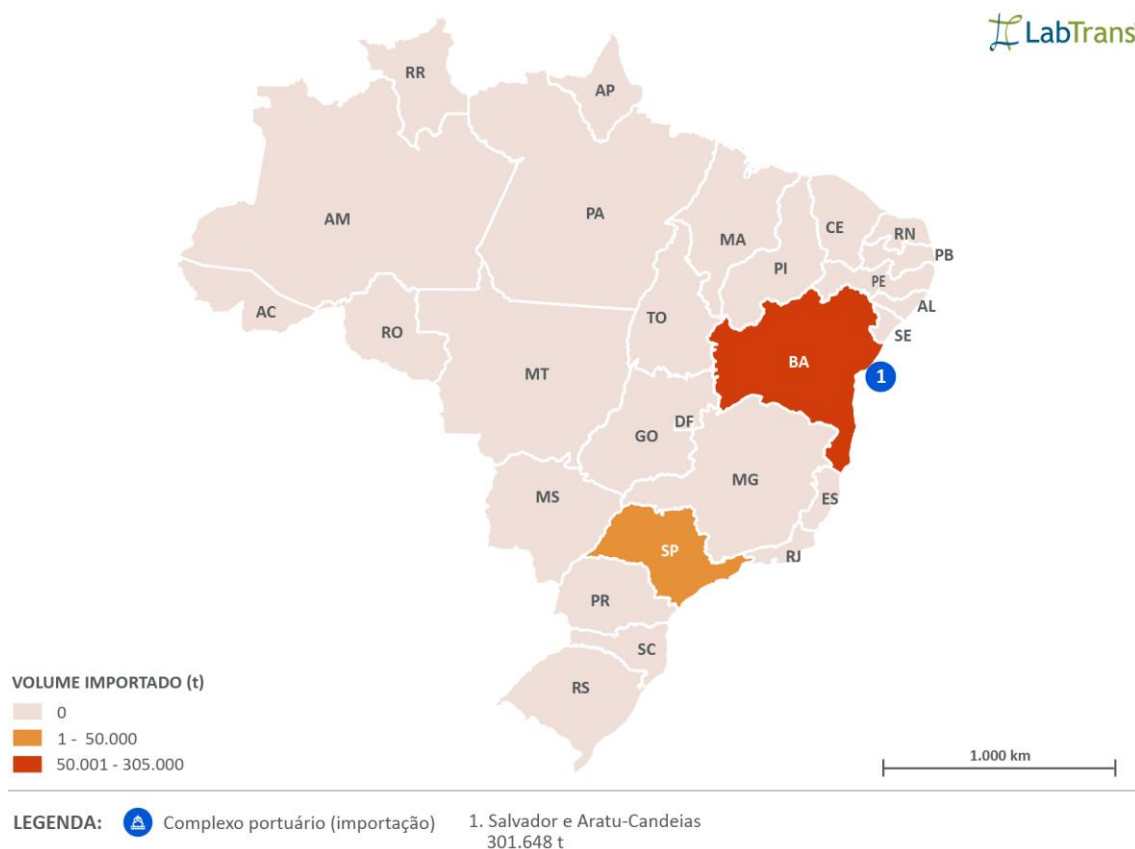
A produção comercializada no ano de 2020, em cada estado brasileiro, é exibida na Figura 15. Na imagem fica evidenciada a expressiva representatividade do Pará em âmbito nacional. Também se visualiza a distribuição dos complexos portuários onde ocorrem as exportações de minério de cobre, bem como a respectiva quantidade, em toneladas, exportadas em cada complexo, com destaque para o Complexo Portuário do Itaquí, o qual embarcou mais de 850 milhões de toneladas em 2020.

Figura 15 – Produção e volume exportado (t) de minério de cobre em 2020



Por sua vez, a Figura 16 apresenta os dados de importação da produção comercializada em cada estado brasileiro, baseada em dados obtidos no ano de 2020. Os dados evidenciam a relevância do estado da Bahia. Ademais, ficam evidenciadas informações sobre a distribuição dos complexos portuários onde ocorrem as importações, simultaneamente com o respectivo valor de toneladas importadas em cada um deles. Nesse sentido, destaca-se o Complexo Portuário de Salvador e Aratu-Candeias, o qual movimentou mais de 300 milhões de toneladas em 2020.

Figura 16 – Volume importado (t) de minério de cobre em 2020



Por fim, com relação à produção e à comercialização do minério de cobre, observa-se que, em âmbito nacional, a empresa Paranapanema S.A. é a única atuante no processo de transformação primária do cobre, ou seja, convertendo o minério em metal. Em outras etapas do processo produtivo – como na produção de fios, vergalhões, tubos e outros produtos e coprodutos de cobre – verifica-se, também, a participação da Paranapanema S.A., assim como de outras empresas, como a Cecil, a Dacota e a Termomecanica (PARAPANEMA, c2014; ABCOBRE, c2022).

A seguir, são apresentados dados sobre o uso e as aplicações do ferro.

2.4.3 FERRO

O ferro é o quinto elemento mais abundante na natureza, entretanto para que seja possível sua utilização, são necessários processos para extraí-lo de minérios de ferro, pois sua forma pura (fora da estrutura de algum mineral) não é encontrada na natureza (CAXITO; DIAS, [2018]).

Existem, aproximadamente, 300 minerais que possuem o ferro como componente essencial, mas apenas os óxidos apresentam concentrações suficientes para serem considerados como minério. Os óxidos de ferro, cujas formas primárias são a hematita (Fe_2O_3) e a magnetita

(Fe_3O_4), são substâncias que, quando aquecidas na presença de um agente redutor, liberam ferro em sua forma metálica (Fe). Além dos minérios, o ferro também ocorre naturalmente na forma de hidróxidos (goethita e limonita), sulfetos (pirita, calcopirita e pirrotita), carbonatos (siderita e anquerita) e silicatos (greenalita e anfibólios como riebeckita e grunerita) (CAXITO; DIAS, [2018]).

Em vista disso, a hematita (Fe_2O_3), a qual é composta por 70% de Fe, é o minério de ferro mais abundante, encontrada em rochas oriundas da cristalização magmática, como granitos, sienitos e traquiandesitos. A magnetita (Fe_3O_4) é um mineral que apresenta 72% de Fe e possui propriedade paramagnética, assim, ao sofrer ação de um campo elétrico induzido, é atraída pelo ímã. Sob certas condições, a magnetita pode se transformar em hematita, recebendo uma nova nomenclatura, “martita” (CAXITO; DIAS, [2018]; SOUZA, 2017).

Em estudo realizado pelo USGS, no ano de 2022, estimou-se que as **reservas mundiais de minério de ferro viáveis** possuam em torno de 180 bilhões de toneladas, das quais mais de 75% estejam distribuídas em cinco países. Nesse contexto, em valores aproximados, 51 bilhões de toneladas estão localizadas na Austrália, 25 bilhões na Rússia, 34 bilhões no Brasil, 20 bilhões na China e 6,5 bilhões na Ucrânia. Desse modo, o Brasil possui a terceira maior reserva, correspondendo a quase 20% do total mundial (USGS, 2022).

Os depósitos de minério de ferro mundiais estão hospedados em Formações Ferríferas Bandadas (FFBs). As FFB constituem-se, principalmente, de minerais de sílica e de ferro (hematita, magnetita e algumas variedades de carbonatos e silicatos) originados, provavelmente, por precipitação química. Essas rochas geralmente contam com cerca de 30% a 35% de Fe em sua composição, todavia alterações na pressão, na temperatura e na quantidade de água podem elevar esse teor para acima de 60%, gerando depósitos de alto teor, economicamente mais interessantes (CAXITO; DIAS, [2018]; CARVALHO, [2013]).

As **reservas de minério de ferro brasileiras** distribuem-se em diversas regiões do País. No centro-sul do estado de Minas Gerais está localizado o Quadrilátero Ferrífero, que corresponde a uma área de aproximadamente 7 mil km^2 ao sul de Belo Horizonte (MG), responsável pela extração e pela produção em grande quantidade de minério de ferro e de manganês. No Pará, encontra-se a Serra dos Carajás, considerada um dos maiores territórios minerais do planeta devido à grande abundância de minério de ferro e de outros minerais, como níquel, cobre, estanho e ouro. O minério de ferro extraído dessa região possui teor médio de ferro de 66,7%, posicionando-o como o melhor do Brasil e um dos melhores do mundo. Atualmente explorada pela Vale S.A., a Floresta Nacional de Carajás se encontra com 97% de sua área em estado de preservação, sendo o restante utilizado para a atividade mineradora (VALE, [202-]). Em Mato

Grosso do Sul, a província mineral Maciço do Urucum, localizada no Pantanal às margens do rio Paraguai, produz, em menores quantidades, minério de ferro e manganês (BRASIL, 2018).

No **processo produtivo** do minério de ferro, sua forma bruta obtida direto da mina (ROM, do inglês – *run-of-mine*) poderá ser comercializada sem passar por maiores processamentos, conservando seu teor mineral inicial de Fe. Essa atividade é realizada por mineradoras, como a Vale S.A. e a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), as quais possuem atuação no território brasileiro (VALE, [202-]; CSN, 2022). Entretanto, a fim de aumentar o percentual de Fe e diminuir a presença de outros componentes, o ROM pode ser encaminhado para usinas de beneficiamento, onde passará por processos de preparação (britagem, peneiramento e lavagem) e classificação. Na indústria siderúrgica, por exemplo, o teor de ferro adequado deve ser superior a 58%, existindo a necessidade de se realizar um processo de concentração ao utilizar um minério de ferro de baixo teor. Esse processo é necessário, visto que, com exceção de alguns importantes depósitos em países como o Brasil e a Austrália, a maioria do minério de ferro existente não atinge esse teor (CAXITO; DIAS, [2018]).

Após a realização dos processos de preparação, é possível classificar o minério de ferro baseado em sua granulometria, por meio da divisão em três categorias (CARVALHO, [2013]):

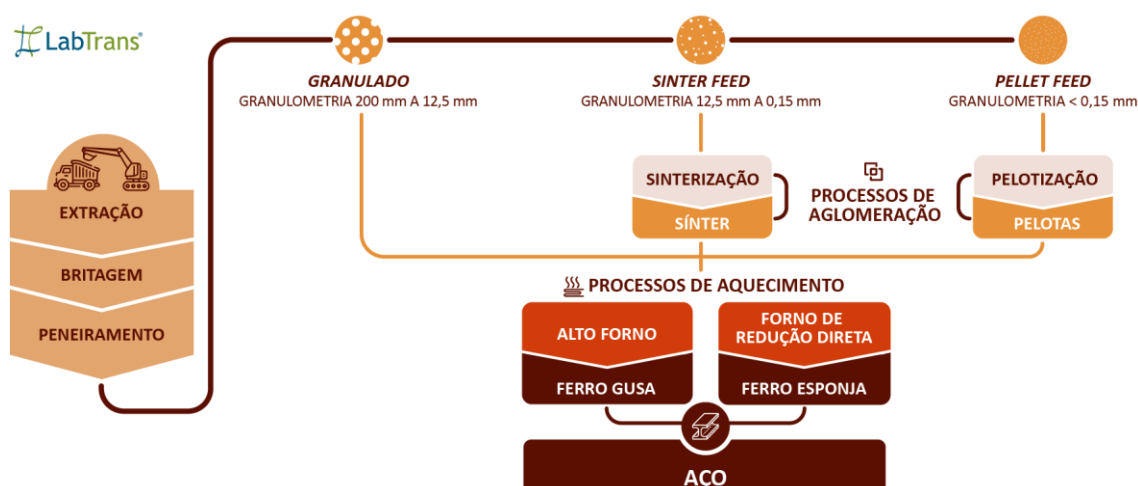
- I. Granulado (*lump ore*): faixa granulométrica entre 200 mm e 12,5 mm
- II. Finos para sínter (*sinter feed*): faixa granulométrica entre 12,5 mm e 0,15 mm
- III. Finos para pelotas (*pellet feed*): granulometria inferior a 0,15 mm.

Dessa forma, minérios granulados serão adicionados diretamente em altos-fornos ou em fornos de redução, em que o oxigênio é retirado dos óxidos de ferro e a carga é fundida, produzindo o ferro-gusa (liga de ferro e carbono contendo silício, manganês, fósforo e enxofre) e ferro-esponja, ambos utilizados na fabricação do aço (CAXITO; DIAS, [2018]; BRASIL, 2018).

Os minérios classificados como mais finos deverão ser aglomerados através de dois processos distintos a depender da granulometria do material. Os do tipo *sinter feed* passam pelo processo de sinterização para a produção de sínter. Os minérios *pellet feed* enfrentam, no processo conhecido como pelletização, uma tecnologia que utiliza os materiais finos gerados durante a extração do minério para formar pequenas bolas agregadas do material. Os produtos finais de ambos os processos serão posteriormente usados na fabricação do aço (CAXITO; DIAS, [2018]; VALE, [202-]).

A Figura 17 apresenta um fluxograma simplificado do processo produtivo do minério de ferro a partir da extração até a fabricação do aço, com destaque para os produtos intermediários resultantes do beneficiamento do minério.

Figura 17 – Fluxograma do processo produtivo do minério de ferro



Fonte: Caxito e Dias ([2018]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

No que se refere à logística de transporte, destaca-se que os minérios de ferro beneficiados são posteriormente transportados para pátios de estocagem das usinas siderúrgicas ou, no caso de exportação, direcionados aos portos (CAXITO; DIAS, [2018]).

Diversas **empresas mineradoras** atuam nas etapas do processo produtivo do minério de ferro no mercado brasileiro. No que concerne à fase de extração, por exemplo, considerando a participação percentual das empresas no valor total da comercialização da produção mineral do minério de ferro, em Minas Gerais, operam as seguintes mineradoras: Anglo American Minério de Ferro Brasil S.A. (7,72%); CSN - Mineração (6,98%); Mineração Usiminas S.A. (2,75%) e Vallourec Tubos do Brasil Ltda. (1,3%). Além disso, destaca-se que a Vale S.A. também atua em Minas Gerais e no estado do Pará, representando 73,96% da participação na produção de minério de ferro no País, sendo uma das mineradoras líderes no mercado global de minério de ferro, pelotas de minério de ferro e níquel (VALE, [202-]); ANM, 2021).

A Tabela 13 apresenta os valores dos volumes de produção do minério de ferro, em toneladas, para o ano de 2020, considerando os valores de produção bruta, bruta comercializada e beneficiada comercializada (ANM, [2022]).

Tabela 13 – Volumes de produção do ferro (t) (2020)

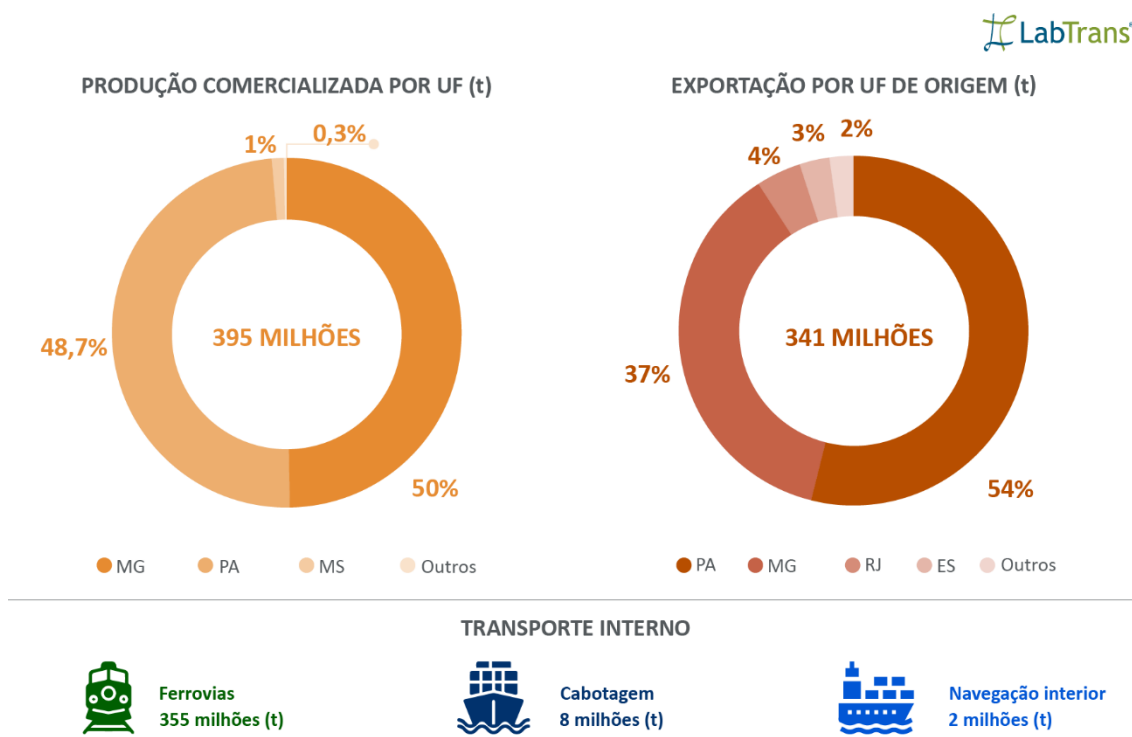
BRUTA	BRUTA COMERCIALIZADA	BENEFICIADA COMERCIALIZADA	TOTAL COMERCIALIZADA
524.778.782	8.057.106	386.972.532	395.029.639

Fonte: ANM ([2022]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Com base nos **dados da produção comercializada** (bruta e beneficiada) do minério de ferro, nota-se, a partir da Figura 18, a expressiva representatividade dos estados de Minas Gerais

e Pará, os quais correspondem, respectivamente, por 50% e 49% da produção comercializada em 2020, enquanto a produção em Mato Grosso do Sul representou 1% do total (ANM, [2022]).

Figura 18 – Volumes de produção comercializada, exportação e transporte interno por modal (em toneladas)



Fonte: ANM ([2022]), Brasil (2022c), ANTT (2022a) e ANTAQ (2022). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

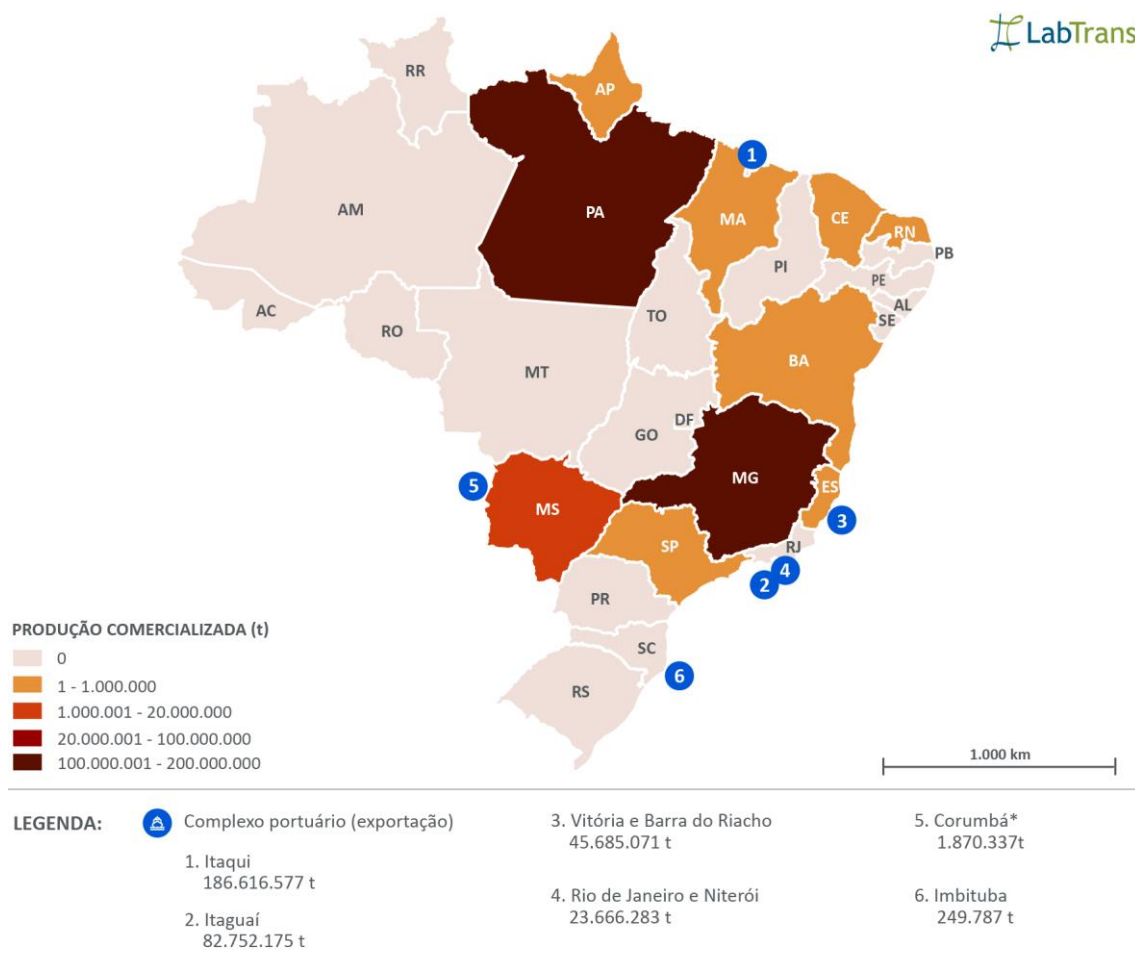
Quanto às exportações do minério de ferro por estados da Federação, a representatividade se mantém, visto que 54% do minério é originário do Pará e 37% de Minas Gerais (BRASIL, 2022c). Nota-se, no entanto, que a existência de usinas de pelletização ou de sinterização no Rio de Janeiro, no Espírito Santo e no Maranhão possibilitam participação expressiva desses estados na exportação, embora não possuam reservas minerais (minas) significantes em seu território (SAMARCO, 2022; VALE, 2015b; RIBEIRO, 2006).

Ainda com base na Figura 18, destacam-se os volumes de ferro transportados internamente no País, em que 355 milhões de toneladas foram movimentadas em 2020 por meio do modal ferroviário, oito milhões por cabotagem e dois milhões por navegação interior (ANTAQ, 2022; ANTT, 2022a).

A produção comercializada no ano de 2020, em cada estado brasileiro, é exibida na Figura 19. Na imagem, fica evidenciada a expressiva representatividade do Pará e de Minas Gerais em âmbito nacional. Também se visualiza a distribuição dos complexos portuários onde ocorrem as exportações de minério de ferro, bem como a respectiva quantidade, em toneladas,

exportada em cada complexo, com destaque para o Complexo Portuário do Itaqui, o qual embarcou 180 milhões de toneladas em 2020.

Figura 19 – Produção e volume exportado (t) de minério de ferro em 2020



*Não é complexo portuário, todavia foi considerado na análise devido à representatividade da movimentação

Fonte: ANM ([2022]), Brasil (2022c) e IBGE ([2021]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

No que diz respeito aos cenários de produção e de comercialização do minério de ferro, deve-se considerar que a forma beneficiada do insumo é a principal matéria-prima de indústrias siderúrgicas. Aproximadamente, 98% de todo minério extraído no mundo é consumido na produção de aço, que, por sua vez, é utilizado como matéria-prima básica com aplicações na engenharia civil, na indústria de transportes e automobilística, e na produção de aparelhos eletroeletrônicos (CAXITO; DIAS, [2018]). Por esse motivo, existem diferentes empresas que realizam um trabalho integrado de mineração e de transformação do minério de ferro, como a CSN, a ArcelorMittal, a Gerdau, entre outras.

As principais usinas de transformação, em 2022, responsáveis por beneficiar o minério de ferro em outros produtos, tal como o aço, estão vinculadas às empresas Aço Verde Brasil,

ArcelorMittal, Companhia Siderúrgica do Pecém, CSN, Gerdau, Grupo SIMEC, Grupo Aperam, Siderúrgica Norte Brasil (SINOBRAS), Ternium Brasil, Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais (Usiminas), Vallourec, Villares Metals (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2020).

A seguir, são apresentados dados sobre o uso e as aplicações do fosfato.

2.4.4 FOSFATO

O fósforo, símbolo químico "P", é um elemento pertencente ao grupo dos ametais, integrante do grupo XV da Tabela Periódica dos Elementos, com número atômico 15, constituindo o 12º elemento mais abundante na crosta terrestre. Esse elemento não é encontrado livre na natureza, sendo obtido, principalmente, por meio de seus minerais, os quais são denominados **fosfatos** (SOUZA, 2015).

Os minerais fosfáticos são provenientes de sedimentos marinhos ou de depósitos ígneos. Os depósitos marinhos estão predominantemente localizados nos EUA, no sudeste do México, no Marrocos, no noroeste do Deserto do Saara e no Oriente Médio. Já os minérios de fosfatos originários de depósitos ígneos estão majoritariamente localizados na África do Sul, na Rússia, na Finlândia e no Brasil. Esses fosfatos recebem a denominação de fosfato natural, rocha fosfatada e até mesmo concentrado fosfático (SOUZA, 2015; GIOVANAZ, 2021). Ressalta-se que os depósitos de fosfato são inorgânicos, porém, muitas vezes, estabelecidos como resultado de atividade biológica no passado distante (IBRAM, 2011).

Estima-se que as **reservas mundiais de fosfato** representem um montante de aproximadamente 50 bilhões de toneladas, das quais 75% estão distribuídas em três países, sendo eles: Marrocos com pouco mais de 21 bilhões de toneladas; China com cerca de 12,9 bilhões; e EUA com, aproximadamente, 3,5 bilhões de toneladas. No Brasil, estima-se que as reservas de fosfato representem 337 milhões toneladas (SOUZA, 2015).

Cerca de 80% das jazidas fosfáticas naturais do Brasil são de origem ígnea com presença acentuada de rocha carbonática e minerais micáceos. Essas rochas possuem um baixo teor de pentóxido de fósforo (P_2O_5), composto químico base utilizado na fabricação de fertilizante fosfatado. Nesse contexto, tem-se que o teor médio de P_2O_5 extraído dos minerais brasileiros é de 15%, enquanto a média mundial chega a 17%. Além das rochas carbonáticas e dos minerais micáceos, existem outras variedades de rochas nas quais é possível extrair o fosfato, tal como a fosforita, a piromorfita, a ambligonita, a lazulita, a turquesa e a apatita. Essa última, especificamente, é o principal minério para a obtenção de fosfatos (SOUZA, 2015).

A **apatita** é um mineral cujo teor de fósforo varia de 5% a 15% e é comumente encontrada em rochas carbonáticas. Devido ao componente fósforo, a principal aplicação da apatita consiste na fabricação de ácido fosfórico, matéria-prima para fertilizantes, compondo cerca de 95% do total produzido. O restante, cerca de 5%, é destinado à fabricação de produtos industriais químicos e ração animal (LAPIDO-LOUREIRO; MELAMED, 2006). Ressalta-se que o mineral de fósforo é um recurso não renovável e, portanto, a gestão dos depósitos naturais de rochas fosfáticas requer uma grande eficiência operacional, principalmente nos processos empregados na fabricação em larga escala de fertilizantes com base fosfática (ARRMAZ, c2022).

Os **processos utilizados** para extrair o fosfato natural dependem das características geográficas da área em que os depósitos minerais estão localizados. O minério, geralmente a apatita, é extraído de duas formas distintas: escavação com maquinários pesados ou utilizando explosivos (LAPIDO-LOUREIRO; MELAMED, 2006; CAMPOS, 2003). Após a extração, o minério é encaminhado a uma usina de beneficiamento onde é britado algumas vezes, passa por um procedimento de moagem e, em seguida, por etapas de limpeza e de flotação, ocorrendo a separação da “ganga”, a qual é constituída por materiais indesejados presentes mineral (ARRMAZ, c2022; REIS, 2016).

A partir dos processos descritos anteriormente, obtém-se o P_2O_5 . Entretanto, esse composto ainda é considerado pobre para ser aproveitado, sendo necessário enviá-lo para ser enriquecido por meio de procedimentos químicos, os quais são capazes de elevar a composição inicial de P_2O_5 de 8% para aproximadamente 36%. Esse processo consome uma grande quantidade de água, devido à necessidade de transformar a rocha em lama mineral, a partir da qual uma combinação de triagem e filtragem extrai o fosfato relativamente puro. Ressalta-se, também, que o processo de separação pode depender da composição da rocha fosfática (ARRMAZ, c2022; REIS, 2016).

Após o enriquecimento, o composto, ainda na forma de lama mineral, é transportado via minerodutos ou esteiras para o processo de deslamagem, em que é seco e ressolidificado. Em seguida, é misturado a outras substâncias até dar origem ao ácido fosfórico, estando, assim, pronto para a comercialização (ARRMAZ, c2022; CALIXTO, [2015]).

O ácido fosfórico é utilizado, predominantemente, como composto base para a fabricação de fertilizantes simples e intermediários. Os tipos mais comuns de fertilizantes simples são: o fosfato diamônico (DAP), que ocorre na reação de uma molécula de ácido fosfórico com duas moléculas de amônia; e o fosfato monoamônico (MAP), proveniente da reação de uma molécula de ácido fosfórico com uma molécula de amônia. Ambos são

amplamente utilizados para regularização do PH do solo (ARRMAZ, c2022; BRFÉRTIL, 2021). Os tipos mais comuns de fertilizantes intermediários são: o superfosfato simples (SSP), cuja composição se dá na mistura de ácido fosfórico com enxofre e cálcio; e o superfosfato triplo (TSP), o qual possui os mesmos compostos do SSP, porém com maior concentração de ácido fosfórico. Esses fertilizantes são bastante utilizados para a correção dos teores de fósforo presentes nos solos (ARRMAZ, c2022; BRFÉRTIL, 2021; MORAES, c2022).

O ácido fosfórico é, também, amplamente incorporado na fabricação de fertilizantes NPK, porém, antes da mistura, é necessário que um fertilizante simples seja previamente fabricado contendo um ou dois nutrientes, normalmente, ureia ou sulfato de amônio. A mistura desse composto mais simples somado ao cloreto de fosfato, ao nitrogênio e ao potássio resulta no NPK. Esse processo de mistura e formulação pode conter diferentes concentrações, como o NPK 15-15-20, que contém 15 partes de nitrogênio, 15 partes de cloreto de fosfato e 20 partes de potássio (TEIXEIRA, 2013; SOARES, 2020). Em todo o mundo, são utilizadas milhões de toneladas destes fertilizantes de base fosfática para cultivar a quantidade de alimentos necessários para sustentar a população mundial (ARRMAZ, c2022).

A Figura 20 apresenta um fluxograma simplificado do processo produtivo de cloreto de fosfato a partir da extração da rocha.

Figura 20 – Fluxograma do processo produtivo do cloreto de fosfato



Fonte: ARRMAZ (c2022) e Globo Rural (2008). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

O Brasil produz uma grande quantidade de cloreto de fosfato, cerca de 88%, suprimindo assim quase toda a demanda atual, os outros 12% são importados de outros países, sendo eles: Rússia, Estados Unidos e Marrocos (ANM, [2022]; BRASIL, 2022c).

A Tabela 14 apresenta os valores dos volumes de produção do fosfato, em toneladas, para o ano de 2020, considerando os valores de produção bruta, bruta comercializada e beneficiada comercializada.

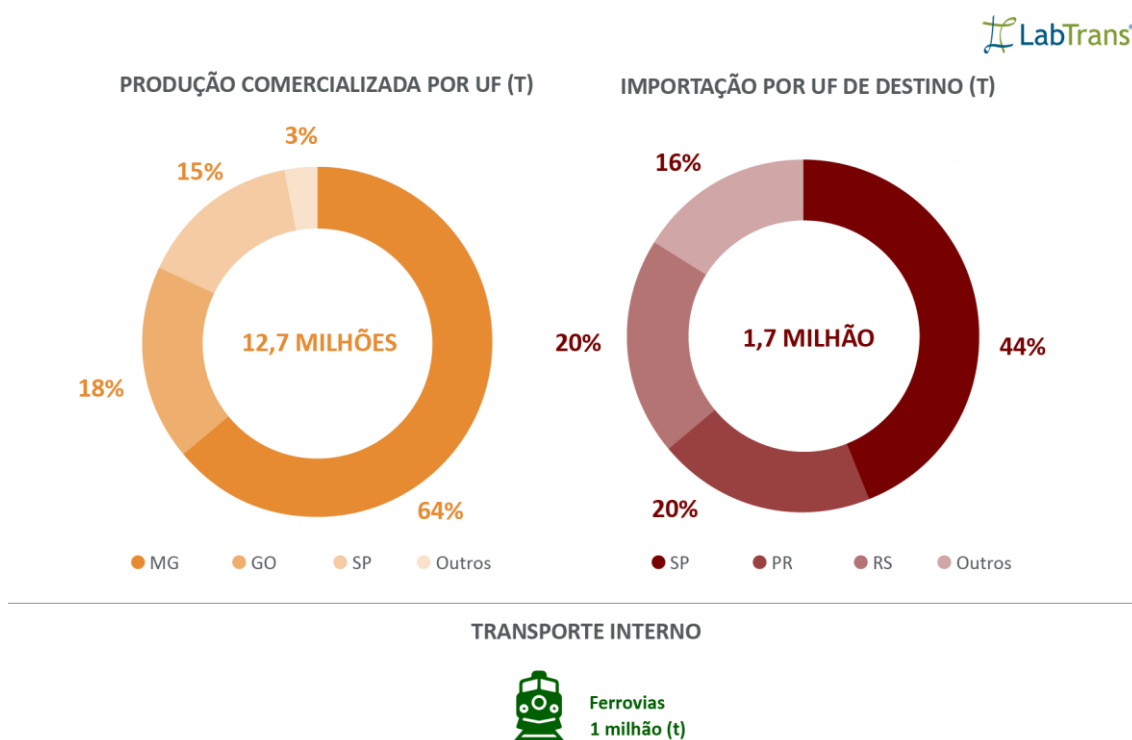
Tabela 14 – Volumes de produção do cloreto de fosfato (t) (2020)

BRUTA	BRUTA COMERCIALIZADA	BENEFICIADA COMERCIALIZADA	TOTAL COMERCIALIZADA
37.976.209	5.150.451	7.626.501	12.776.952

Fonte: ANM ([2022]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Na Figura 21, por sua vez, é exibida a porcentagem de produção comercializada e de importação do fosfato nos estados.

Figura 21 – Volumes de produção comercializada, importação e transporte interno por modal do fosfato (em toneladas)



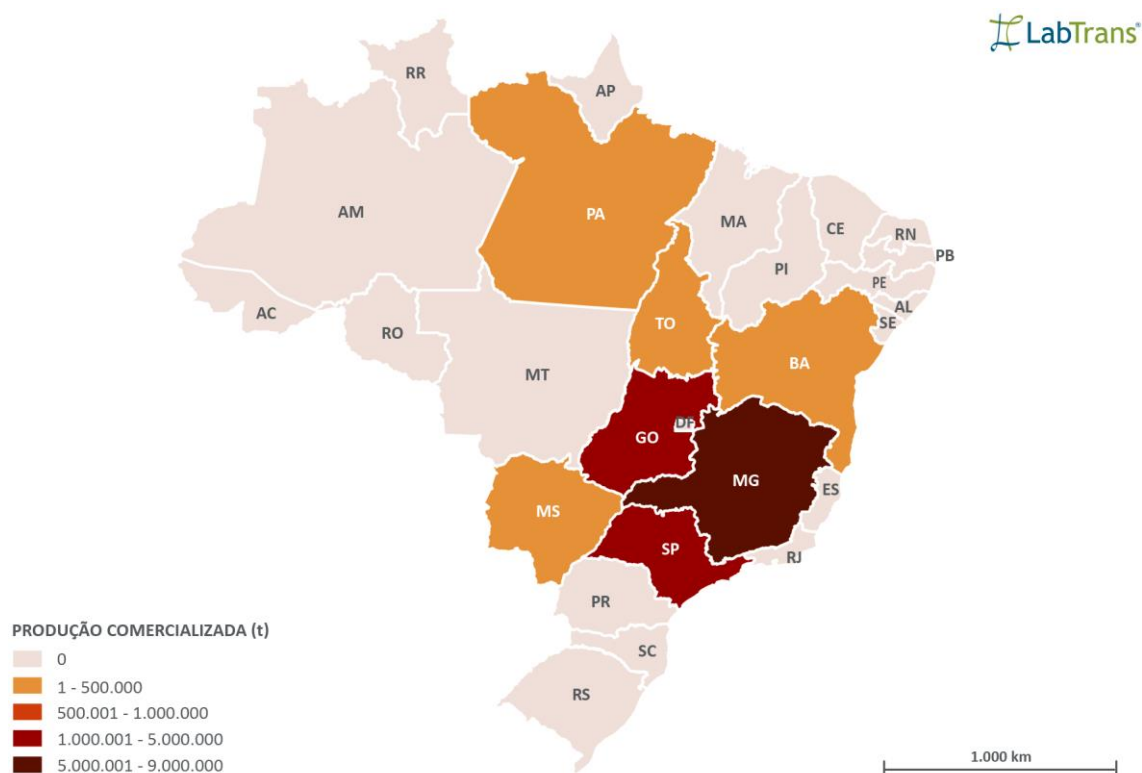
Fonte: ANM ([2022]), Brasil (2022c), ANTT (2022a) e ANTAQ (2022). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Com base na Figura 21, nota-se uma maior representatividade do estado de Minas Gerais (64%) na produção comercializada de fosfato, seguido por Goiás (18%) e São Paulo (15%). No que diz respeito ao volume de minério importado, têm-se como destaques os estados de São Paulo (44%), Paraná (20%) e Rio Grande do Sul (20%) (ANM, [2022]). Acerca da divisão modal no transporte interno no País, de acordo com o *Anuário do Setor Ferroviário* da ANTT (2022a), em 2020, foram movimentadas aproximadamente 1 milhão de toneladas de fosfato por ferrovias. Ressalta-se, no

entanto, que, com base em informações levantadas com entidades e *players* do setor de fertilizantes, verifica-se que a cadeia logística do fosfato é majoritariamente rodoviária no Brasil.

A produção comercializada de fosfato em 2020, em cada estado brasileiro, também é esquematizada na Figura 22.

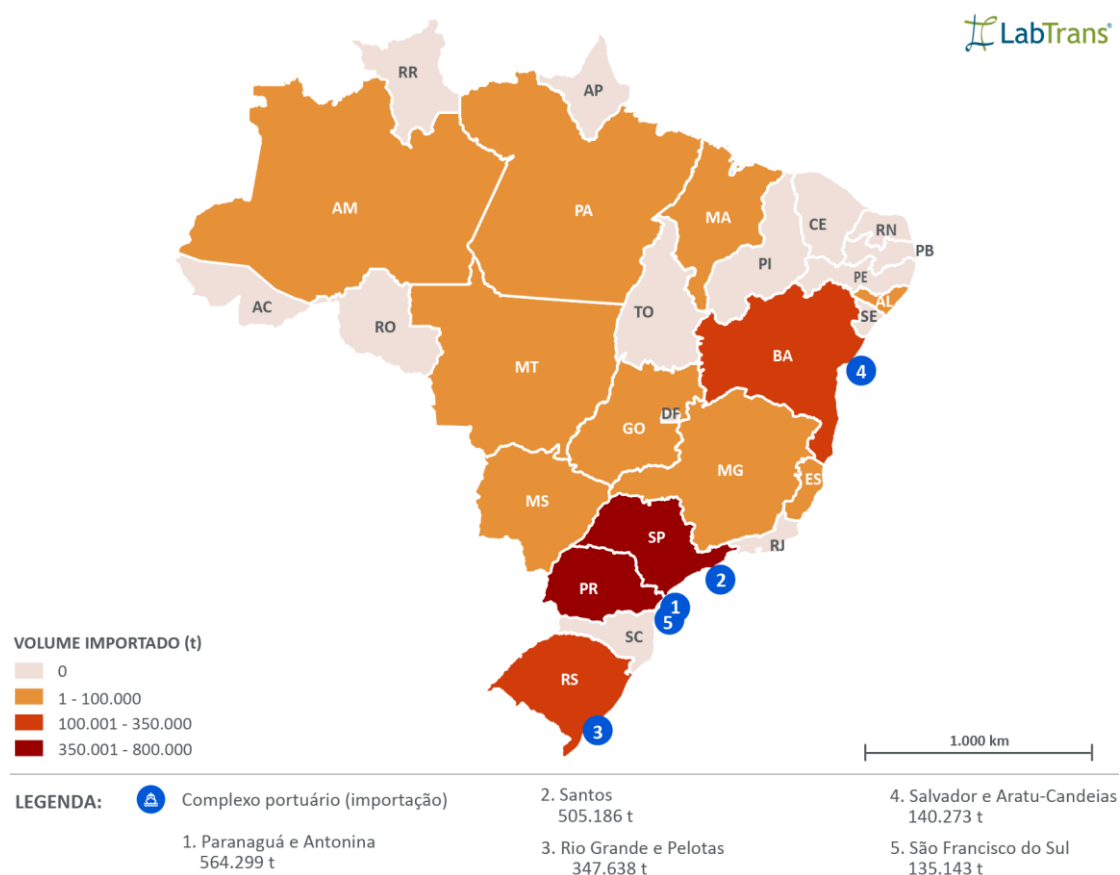
Figura 22 – Produção comercializada do cloreto de fosfato (t) em 2020



Fonte: ANM ([2022]), Brasil (2022c) e IBGE ([2021]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

A Figura 23, por sua vez, exibe os principais complexos portuários responsáveis pela importação do minério em 2020, com destaque para os complexos portuários de Paranaguá e Antonina, Santos, Rio Grande e Pelotas, Salvador e Aratu-Candeias e São Francisco do Sul (ANM, [2022]).

Figura 23 – Volume importado (t) do cloreto de fosfato em 2020



Após a importação nos portos, o minério é enviado às **misturadoras** para complementar a fabricação de fertilizantes utilizados, principalmente, nos setores agrícola, pecuarista e químico. No Brasil, destacam-se as misturadoras das companhias Yara, Mosaic, Fertipar e Heringer. Juntas essas companhias concentram cerca de 73% do mercado de fertilizantes nacional (SOUZA, 2022).

A seguir, são apresentados dados sobre o uso e as aplicações do manganês.

2.4.5 MANGANÊS

O manganês (Mn), elemento químico do grupo dos metais de transição, é o quarto metal mais utilizado no mundo em termos de toneladas, após o ferro (Fe), o alumínio (Al) e o cobre (Cu) (IMNI, c2022). O elemento está presente na composição de dezenas de minerais, podendo ser encontrado na forma de dióxidos, hidróxidos, silicatos e carbonatos (DIAS; CAXITO, [2018]). Contudo, apenas um número limitado de minerais possui teores de manganês em quantidades suficientes para serem aproveitados economicamente em escala industrial. A pirolusita, o psilomelano e a manganita destacam-se como dióxidos de manganês de maior importância econômica (GEOSCAN, 2020).

Em um estudo realizado pelo USGS no ano de 2022, estimou-se que as **reservas mundiais de minério de manganês viáveis** possuam em torno de 1,5 bilhão de toneladas, das quais quase 99% estejam distribuídas em oito países. Em valores aproximados, 640 milhões de toneladas estão localizadas na África do Sul, 270 milhões de toneladas no Brasil, 270 milhões de toneladas na Austrália, 140 milhões de toneladas na Ucrânia, 61 milhões de toneladas no Gabão, 54 milhões de toneladas na China, 34 milhões de toneladas na Índia e 13 milhões de toneladas em Gana. Desse modo, o Brasil e a Austrália dividem a terceira posição, correspondendo a 18% do total mundial cada um (USGS, 2022).

Os depósitos de minério de manganês economicamente viáveis são, em sua maioria, de origem sedimentar ou supergênica. Esses depósitos, tais como alguns localizados em Mato Grosso do Sul, podem estar associados às FFBs. Para a avaliação do aproveitamento dos depósitos, consideram-se parâmetros como o teor de manganês, suas dimensões e a porcentagem de impurezas inerentes ao minério (DIAS; CAXITO, [2018]). Na avaliação da viabilidade econômica, além disso, deve-se considerar o custo para a retirada do minério em cada depósito. Nos EUA, por exemplo, as reservas são escassas e possuem alto custo de extração, e assim não há exploração significativa no país (USGS, 2022).

As principais **reservas de minério de manganês no Brasil** são encontradas na jazida de Mina do Azul, localizada na Província Mineral de Carajás (PA), e na Serra do Navio, em Amapá. Há também reservas no estado de Mato Grosso do Sul, no depósito de Urucum. Em Minas Gerais, o Morro da Mina, situado na província mineral do Quadrilátero Ferrífero e administrado pela Vale, é considerado o depósito de maior importância do estado (DIAS; CAXITO, ([2018]); CANNON; KIMBALL; CORATHERS, 2017).

Em relação à concentração de minério de manganês existente, o minério proveniente do Pará apresenta teor médio de aproximadamente 45% nas operações da empresa Mineração Buritirama e 40% de Mn no minério extraído pela Vale da Mina do Azul (COSTA; SILVA, J.; SILVA, R., 2021).

O minério de manganês pode ser dividido em três classes metalúrgicas, apresentadas na Tabela 15, as quais levam em consideração a porcentagem mínima de Mn, a presença de impurezas metálicas (como ferro, cobre, chumbo e zinco) e de impurezas não metálicas (como fósforo), além da presença de sílica, alumina e materiais orgânicos, todos estes considerados indesejados. Dessa forma, o beneficiamento de minério de manganês torna-se necessário para minimizar o percentual de impurezas, elevando o teor de Mn (DIAS; CAXITO, [2018]).

Tabela 15 – Classificação do minério de manganês, em função do teor de Mn, ferro (Fe), sílica (SiO₂), alumina (Al₂O₃), fósforo (P), cobre (Cu), chumbo (Pb) e zinco (Zn)

COMPOSIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO METALÚRGICA		
	Alto teor	Médio teor	Baixo teor
Manganês – Mn (mín.)	46% – 48%	40%	35%
Ferro – Fe (máx.)	8%	6%	10%
Sílica (SiO ₂) + alumina (Al ₂ O ₃)	12%	15%	20%
Fósforo – P (máx.)	0,18%	0,30%	–
Cobre + chumbo + zinco	0,10%	0,25%	–

Fonte: Dias e Caxito ([2018]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

No **processo produtivo** do minério de manganês, sua forma bruta, obtida direto da mina (ROM), poderá ser comercializada sem passar por maiores processamentos, o que conservará seu teor mineral inicial de Mn. Essa atividade é realizada por mineradoras, tal como a Mineração Buritirama, do Grupo Buritipar, uma das maiores produtoras de manganês do mundo (MINERAÇÃO BURITIRAMA, 2022). Entretanto, a fim de elevar o teor de Mn pela diminuição da presença de outros componentes, o ROM, majoritariamente, é encaminhado para usinas de beneficiamento, onde passa por processos distintos a depender de sua granulometria e do percentual de manganês presente na sua composição.

Na Tabela 16, são apresentadas especificações do minério de manganês considerando sua granulometria e especificação química (REIS; LIMA, 2005).

Tabela 16 – Especificação das faixas granulométricas e especificações químicas dos tipos de minério de manganês

MINÉRIO DE MANGANÊS (TIPO)	FAIXA GRANULOMÉTRICA	ESPECIFICAÇÃO QUÍMICA (%)		
		Mn	Fe	SiO ₂
Granulado	6,3 a 71,0 mm	Mín. 30,5	Máx. 4,0	Máx. 30,0
Fino – tipo 1	1,6 e 9,5 mm	Mín. 27,0	Máx. 4,5	Máx. 29,0
Fino – tipo 2	0 a 1,6mm	Mín. 24,0	Máx. 4,5	Máx. 29,0
Fino – tipo 3	0 a 6,3 mm	Mín. 23,0	Máx. 6,0	Máx. 35,0

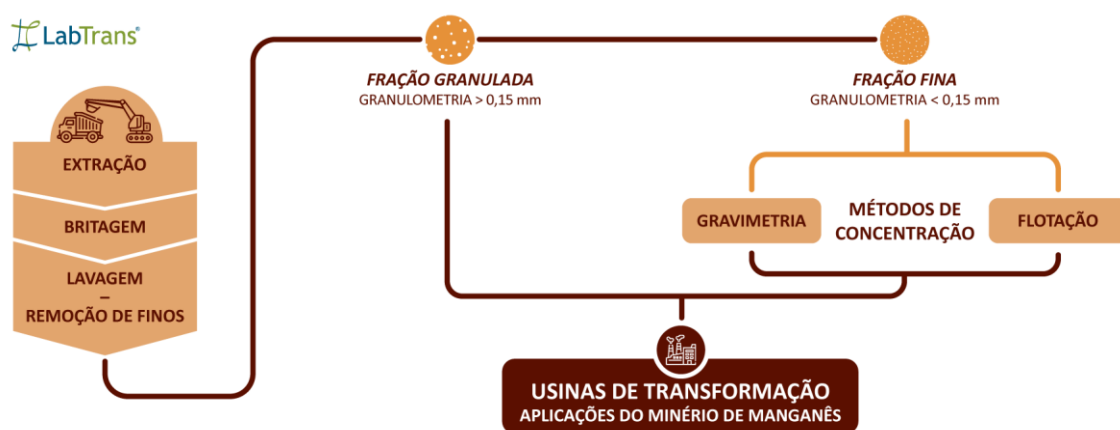
Fonte: Dias e Caxito ([2018]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

O beneficiamento do minério de manganês ocorre através da britagem e da classificação granulométrica. Realiza-se uma lavagem do material para remoção da fração fina (abaixo de 0,15 mm) do minério, a qual segue para estocagem. Nesse contexto, para minérios de baixos teores e granulometria tipo fina, podem ser utilizados métodos de concentração, como gravimetria e flotação, que separam o manganês presente nessas partículas de minério, a fim de concentrá-los em um formato mais puro. É de extrema importância, do ponto de vista ambiental e econômico, o desenvolvimento de processos e circuitos de concentração, que visem ao aproveitamento desses resíduos, que podem ser utilizados, por exemplo, na indústria metalúrgica (REIS; LIMA, 2005).

No caso do manganês extraído na Mina do Azul, no Pará, tem-se o beneficiamento realizado em usinas próximas à mina, onde está localizada a maior usina de beneficiamento do País (AFONSO, 2019). Posteriormente, o minério é transportado por caminhão até a Estrada de Ferro Carajás (EFC), em Parauapebas (PA), que, por sua vez, leva o manganês até o Terminal Marítimo de Ponta da Madeira, no Complexo Portuário do Itaqui (MA). A Mina do Azul, inicialmente considerada uma barragem de rejeitos, é, atualmente, uma reserva mineral de manganês devido à utilização de uma nova tecnologia desenvolvida pela Vale que permite o reaproveitamento de partículas de minério depositadas nas barragens. Assim sendo, cerca de 4,5 milhões de toneladas de manganês devem ser recuperadas por esse processo, aumentando o volume das reservas do Pará (BRASIL, 2018b).

A Figura 24 apresenta um fluxograma simplificado do processo produtivo do minério de manganês a partir da extração, seguido de seu beneficiamento, até seu envio para usinas de transformação, onde ocorrerá a transformação deste em outros produtos.

Figura 24 – Fluxograma do processo produtivo do minério de manganês



Fonte: Reis e Lima (2005). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

No mercado nacional atuam diversas **empresas mineradoras** nas etapas do processo produtivo do minério de manganês. Considerando a participação percentual da empresa no valor total da comercialização da produção mineral do minério de manganês, no Brasil operam as seguintes companhias: Mineração Buritirama (50,48%); Vale (25,73%) e RMB Manganês LTDA. EPP (2,99%), atuando no Pará. A Mineração Corumbaense Reunida S.A., em Mato Grosso do Sul, com 11,86% de participação no setor. Além da Libra Ligas do Brasil S.A. (1,73%) e a Zeus Mineração LTDA. (1,44%), que atuam no Ceará (ANM, 2021; VALE, [2022]).

A Tabela 17 apresenta os valores dos volumes de produção do minério de manganês, em toneladas, para o ano de 2020, considerando os valores de produção bruta, bruta

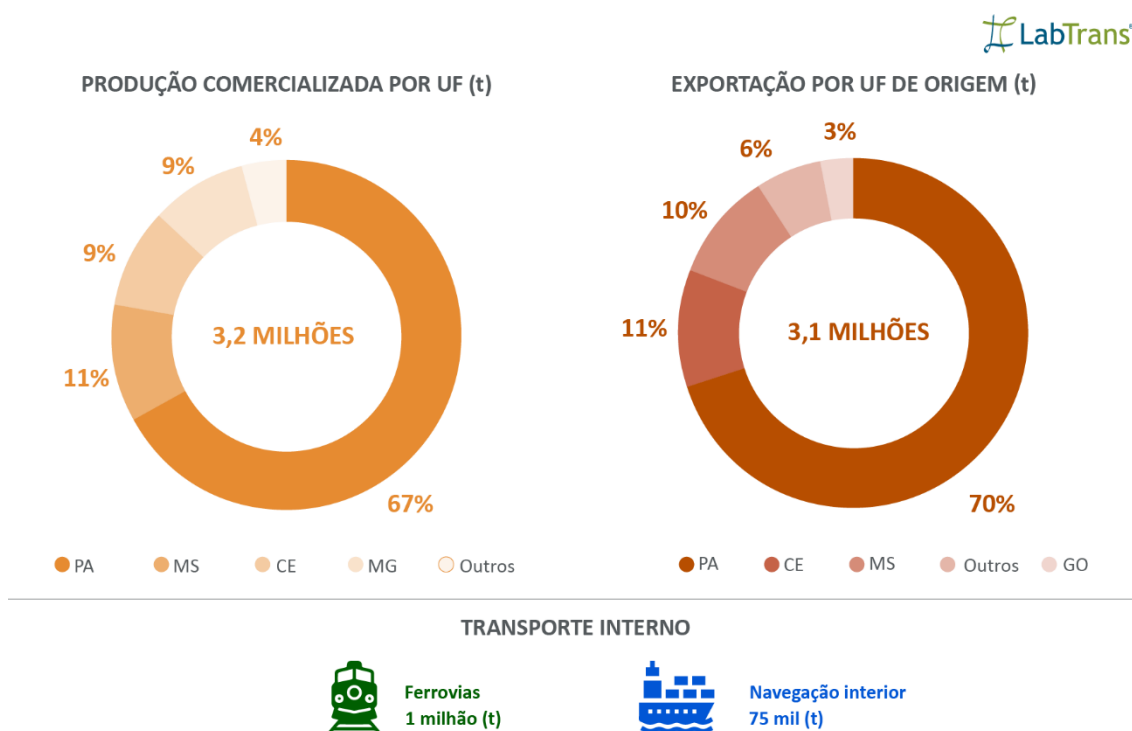
comercializada e beneficiada comercializada (ANM, [2022]). Adiante, na Figura 25, estão expostas informações de produção comercializada e volume exportado, por estado, assim como dados referentes às movimentações por ferrovias e de navegação interior.

Tabela 17 – Volumes de produção do manganês (t) (2020)

BRUTA	BRUTA COMERCIALIZADA	BENEFICIADA COMERCIALIZADA	TOTAL COMERCIALIZADA
3.925.084	145.217	3.116.084	3.261.301

Fonte: ANM ([2022]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Figura 25 – Volumes de produção comercializada, exportação e transporte interno por modal (em toneladas)

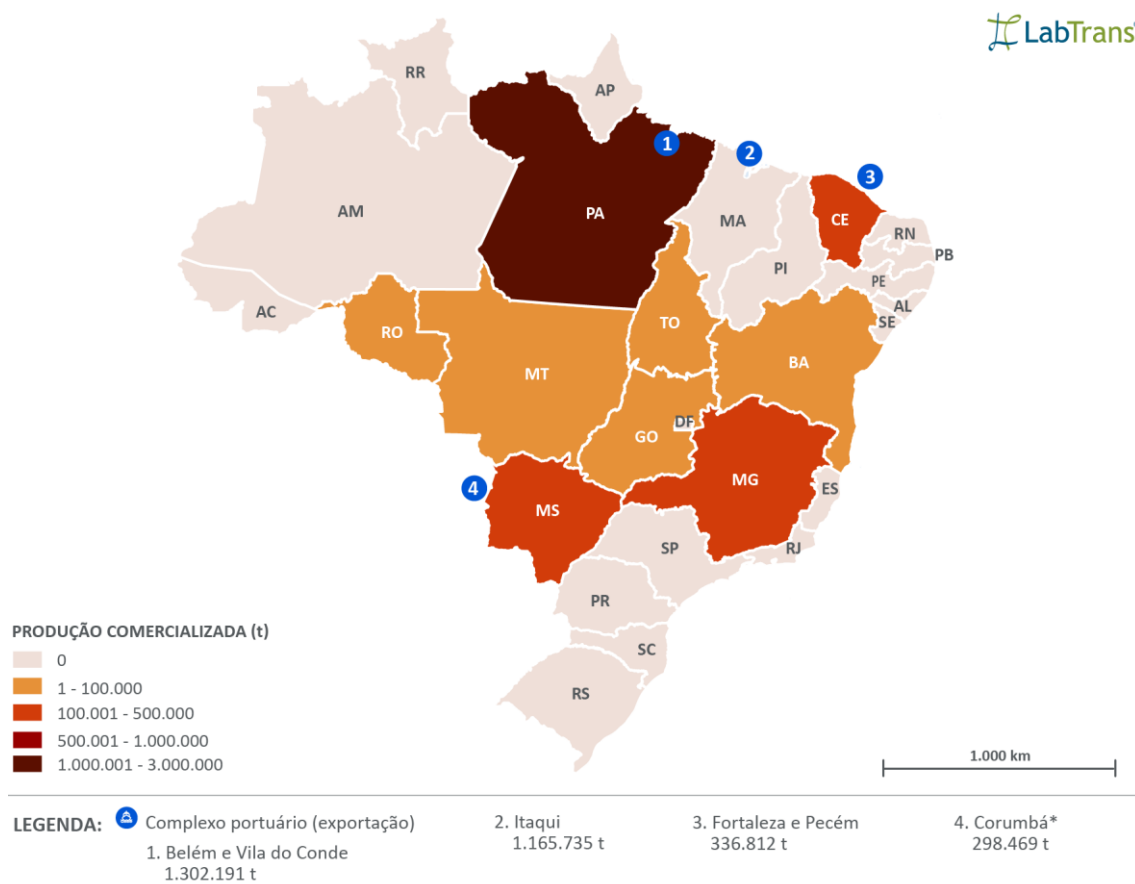


Fonte: ANM ([2022]), Brasil (2022c), ANTT (2022a) e ANTAQ (2022). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

A partir dos **dados de produção comercializada** (bruta e beneficiada) do minério de manganês, nota-se na Figura 18 a liderança do estado do Pará, o qual respondeu por 67% da produção comercializada em 2020. Na sequência, tem-se Mato Grosso do Sul (11%); Ceará e Minas Gerais com 9% cada. A produção em outros estados representou 4% (ANM, [2022]). Acerca do volume de minério de manganês exportado por estados da Federação, a representatividade se mantém, visto que 70% do minério é originário do Pará, 11% do Ceará e 10% de Mato Grosso do Sul (BRASIL, 2022c). Ainda, na Figura 25, destacam-se os volumes de manganês transportados internamente no País, em que 1 milhão de toneladas foram movimentadas em 2020 por meio do modal ferroviário e 75 mil por navegação interior (ANTAQ, 2022; ANTT, 2022a).

Na Figura 26 é exibida a produção comercializada em cada estado brasileiro, em 2020, bem como a distribuição dos complexos portuários onde ocorreram as exportações do minério de manganês.

Figura 26 – Produção e volume exportado (t) de minério de manganês em 2020



Fonte: ANM ([2022]), Brasil (2022c) e IBGE ([2021]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

No cenário de produção e comercialização do minério de manganês, deve-se considerar que sua forma beneficiada possui **diversas aplicações**, incluindo objetos feitos de aço, baterias portáteis e latinhas de bebidas (IMNI, c2022). É também considerado um material essencial na fabricação de ligas metálicas, combinado, especialmente com o ferro, na produção de aço. Podem ser utilizados ainda em ligas de cobre, zinco, alumínio, estanho e chumbo (DIAS; CAXITO [2018]).

No processo siderúrgico, o minério de manganês é utilizado para otimizar certas propriedades do aço. Assim, o manganês permite evitar fenômenos que causem fissurações superficiais em altas temperaturas, além de possuir a capacidade de desoxidação e de redução da concentração de enxofre (elemento indesejado no aço). Ademais, o manganês colabora para a prevenção da corrosão, aumento da resistência à abrasão do aço e também elevação da taxa de temperabilidade (capacidade de endurecimento) (IMNI, c2022). O minério utilizado para

propósitos siderúrgicos possui, em média, de 38% a 55% de manganês. O padrão utilizado como base de preços é o minério com teor médio de 48% (CANNON; KIMBALL; CORATHERS, 2017).

Ainda na siderurgia, o minério de manganês é utilizado na forma de ferroligas, produzidas em usinas. As ligas conhecidas como ferro silício-manganês são utilizadas principalmente na produção de aços de carbono, chapas de aço *standard* e vergalhões. Possuem proporções diferentes de manganês e silício (Si), a depender da finalidade esperada. As ligas conhecidas como ferro manganês-alto carbono são utilizadas na produção de chapas de aços de superfícies críticas, na confecção de aços longos alto carbono e na indústria automotiva (GRUPO MARINGÁ, [20--]). Dessa forma, estima-se que cerca de 90% do consumo de manganês esteja na siderurgia, onde participa como componente de diversos tipos de aços (DIAS; CAXITO [2018]).

De acordo com a Associação Brasileira dos Produtores de Ferroligas e Silício Metálico (ABRAFE, c2022), as principais usinas de transformação, em 2022, responsáveis por modificar o minério de manganês em ferroligas, estão vinculadas às empresas: Grupo Maringá, Fermar Indústria Ferro Ligas Marabá LTDA., Eletroligas LTDA., Granha Ligas e Ligas do Brasil.

Seguidamente ao mercado de ferroligas, a produção de alumínio é o segundo maior mercado consumidor de manganês. As pequenas quantidades de manganês encontradas no alumínio aumentam a resistência à corrosão. As ligas de alumínio-manganês e as ligas de alumínio-manganês-magnésio têm aplicações que variam de utensílios de cozinha, telhados e radiadores de automóveis. Essas ligas são comumente encontradas em latas de bebidas, representando um importante mercado devido à possibilidade de reciclagem do material (IMNI, c2022).

O minério de manganês é destinado, ainda, a diversos usos não metalúrgicos. Após o beneficiamento, este pode ser empregado na agricultura (fertilizantes, fungicidas e rações) e em componentes de pilhas e baterias (DIAS; CAXITO [2018]). O sulfato de manganês é muito utilizado como produto final em fertilizantes e ração animal. Na fabricação de baterias de células secas (pilhas AA, 9 *volts* e pilhas para relógio), o dióxido de Mn é usado como despolarizador e seu papel é oxidar o hidrogênio, propiciando a formação de água. O consumo mundial de células secas excede 20 bilhões de unidades por ano (IMNI, c2022).

Na indústria química, o manganês é utilizado para produção de agentes oxidantes para corantes, aromatizantes, de secagem de pintura e de vedação (DIAS; CAXITO [2018]). O permanganato de potássio é um dos produtos de manganês mais comuns, contendo propriedades oxidantes ideais para purificação de água, tratamento de águas residuais e controle de odor (IMNI, c2022).

A seguir, são apresentados dados sobre o uso e as aplicações do potássio.

2.4.6 POTÁSSIO

O elemento potássio (K) é um metal alcalino pertencente ao grupo I da Tabela Periódica dos Elementos; possui número atômico 19; é sólido em temperatura ambiente, porém muito macio (CRQ-IV, [2022]). Consiste no sétimo elemento mais abundante da crosta terrestre, sendo encontrado em oceanos, lagos, solos, rochas, minerais e salinas formadas pela evaporação de antigos mares. Seus principais minérios são a silvinita, a qual possui cerca de 52,5% de teor de potássio, e a carnalita, com aproximadamente 14%. Existem outros minerais que fornecem o potássio, tais como cainita, langbeinita, polialita, schoenita e singernita, no entanto seus processos de formação tornam a extração dificultosa e economicamente pouco viável, haja vista o menor teor de potássio disponível nesses compostos (CRQ-IV, [2022]; NASCIMENTO; MONTE; LOUREIRO, 2005).

Considerando o potencial exploratório do elemento, estima-se que as **reservas mundiais de potássio** representem um montante de aproximadamente 3,6 bilhões de toneladas, das quais 79,8% estão distribuídos em quatro países, sendo eles: Canadá com pouco mais de 1,1 bilhão de toneladas; Belarus com cerca de 0,75 bilhão de toneladas; Rússia com aproximadamente 0,4 bilhão; e China com pouco mais de 0,35 bilhão de toneladas (CANADA, 2022). O Brasil ocupa a 11ª colocação no *ranking* mundial em termos de reservas de potássio, e estima-se que os depósitos brasileiros representem 24 milhões de toneladas (CANADA, 2022; USGS, 2022).

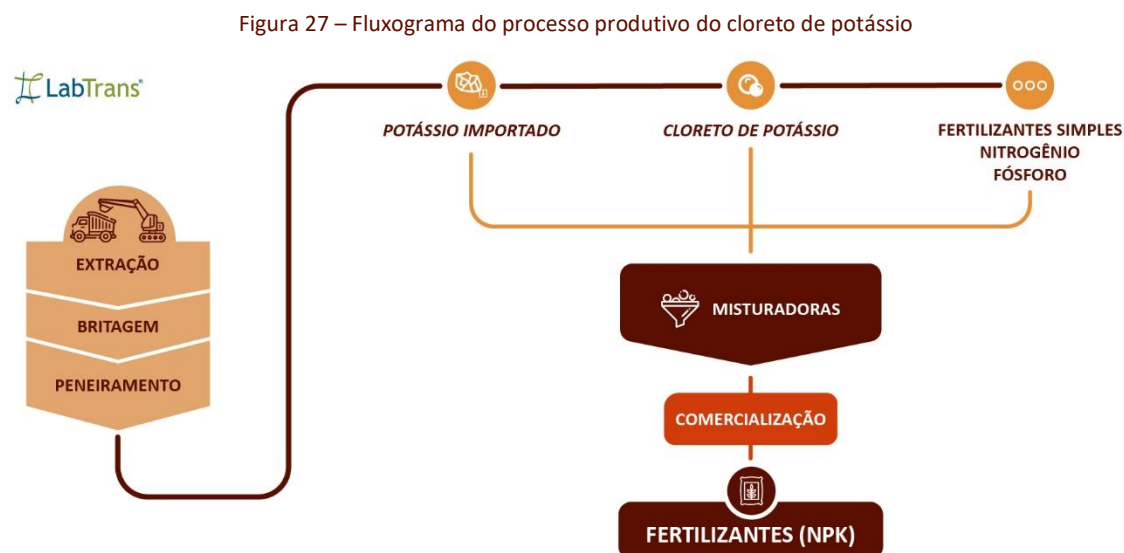
As **principais reservas nacionais** estão localizadas no Sergipe – nas regiões de Taquari/Vassouras, Santa Rosa de Lima e Rosário do Catete. Há também jazidas no Amazonas, nas regiões de Itacoatiara, Nova Olinda do Norte e Autazes (OLIVEIRA, 2009). Existem, também, reservas de rochas secundárias, como o verdete, que em Minas Gerais é responsável por parte da produção nacional de potássio (BRASIL, 2021f).

O **processo de produção** inicia com a extração da rocha, normalmente de cores avermelhadas, as quais possuem, em sua composição mineralógica, cloreto de potássio (KCl). Em seguida, a rocha é encaminhada para uma usina de beneficiamento onde é britada e peneirada, passando, também, por moagem e limpeza. Após essas etapas, o minério passa por um processo de flotação, em que o cloreto de potássio é separado de outros compostos. Na sequência, o cloreto de potássio é centrifugado, seco e compactado, estando pronto para a distribuição (GLOBO RURAL, 2008).

O cloreto de potássio é utilizado, predominantemente, como composto base para a fabricação de fertilizantes NPK e dos chamados “minérios de potássio”, os quais incluem outros

compostos, como o sulfato de potássio (K_2SO_4) e o nitrato de potássio (KNO_3) e também a outros minérios que contêm sais de potássio, amplamente utilizados para o tratamento do solo (ARRMAZ, c2022). O processo para a incorporação do cloreto de potássio na fabricação de fertilizantes NPK é realizado em **misturadoras** (GLOBO RURAL, 2008).

A Figura 27 apresenta um fluxograma simplificado do processo produtivo cloreto de potássio a partir da extração da rocha.



Fonte: Teixeira (2013). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Aproximadamente 94% de potássio utilizado no Brasil é proveniente da importação, principalmente do Canadá, da Rússia, de Belarus, de Israel e da Alemanha (TEIXEIRA, 2013). Em 2020, os portos de Paranaguá, Rio Grande e Santos concentraram cerca de 68% do volume importado de potássio. Além desses portos, outras movimentações também foram registradas nas instalações portuárias em Belém (PA), Barcarena (PA), Itaituba (PA), Santarém (PA), Itacoatiara (MA), Maceió (AL), Guarujá (SP), Porto Alegre (RS) e Santana (AP) (ANTAQ, 2022).

Os volumes de potássio produzido no Brasil, em 2020, considerando a produção bruta, bruta comercializada e beneficiada comercializada, estão dispostos, exibidos em toneladas, na Tabela 18 (ANM, [2022]).

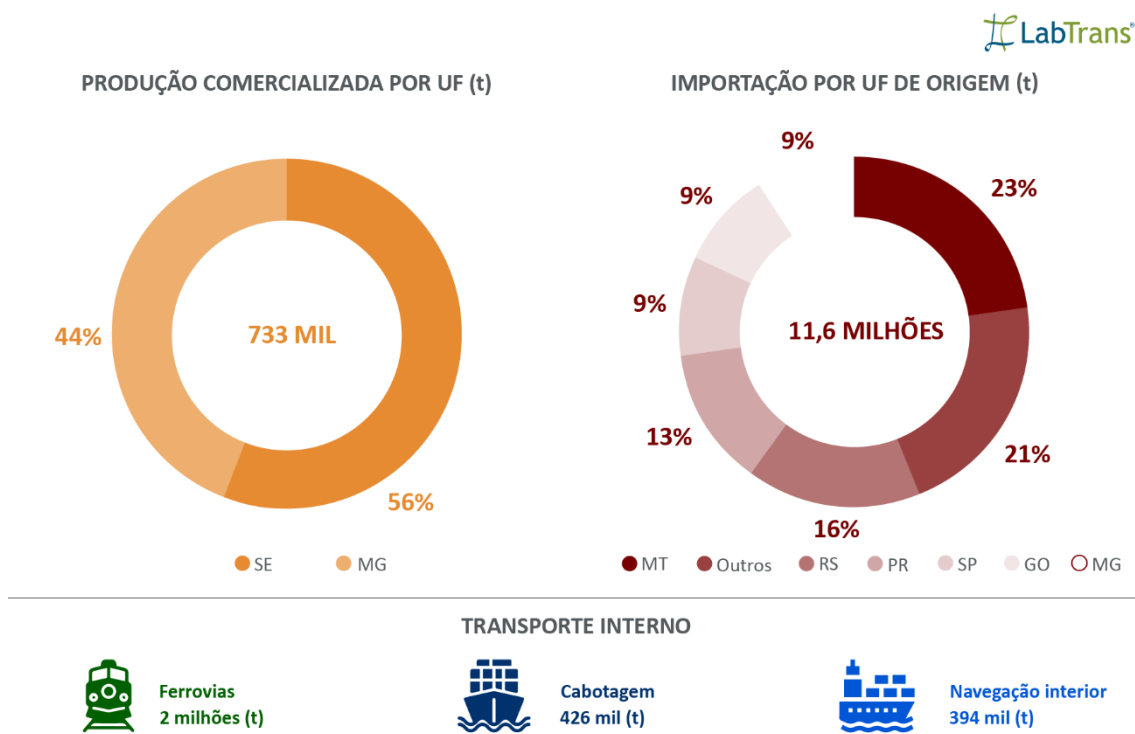
Tabela 18 – Volumes de produção do cloreto de potássio (t) (2020)

BRUTA	BRUTA COMERCIALIZADA	BENEFICIADA COMERCIALIZADA	TOTAL COMERCIALIZADA
2.157.410	320.633	412.482	733.115

Fonte: ANM ([2022]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Na Figura 28, por sua vez, é exibida a porcentagem de produção comercializada e de importação do potássio nos estados.

Figura 28 – Volumes de produção comercializada, importação e transporte interno por modal do cloreto de potássio (em toneladas)



Fonte: ANM ([2022]), Brasil (2022c), ANTT (2022a) e ANTAQ (2022). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

A partir da Figura 28, verifica-se que a produção comercializada nacional de potássio é dividida entre Minas Gerais (56%) e Sergipe (44%). Nota-se, também, a maior representatividade das importações ante o volume produzido no País. O potássio importado foi recebido, principalmente, pelos estados de Mato Grosso, do Rio Grande do Sul, do Paraná, de São Paulo, de Goiás e de Minas Gerais. Acerca do transporte interno, percebem-se movimentações do produto por ferrovias, cabotagem e navegação interior. Entretanto, com base em informações levantadas com entidades e *players* do setor de fertilizantes, verifica-se que a cadeia logística do potássio é majoritariamente rodoviária no Brasil.

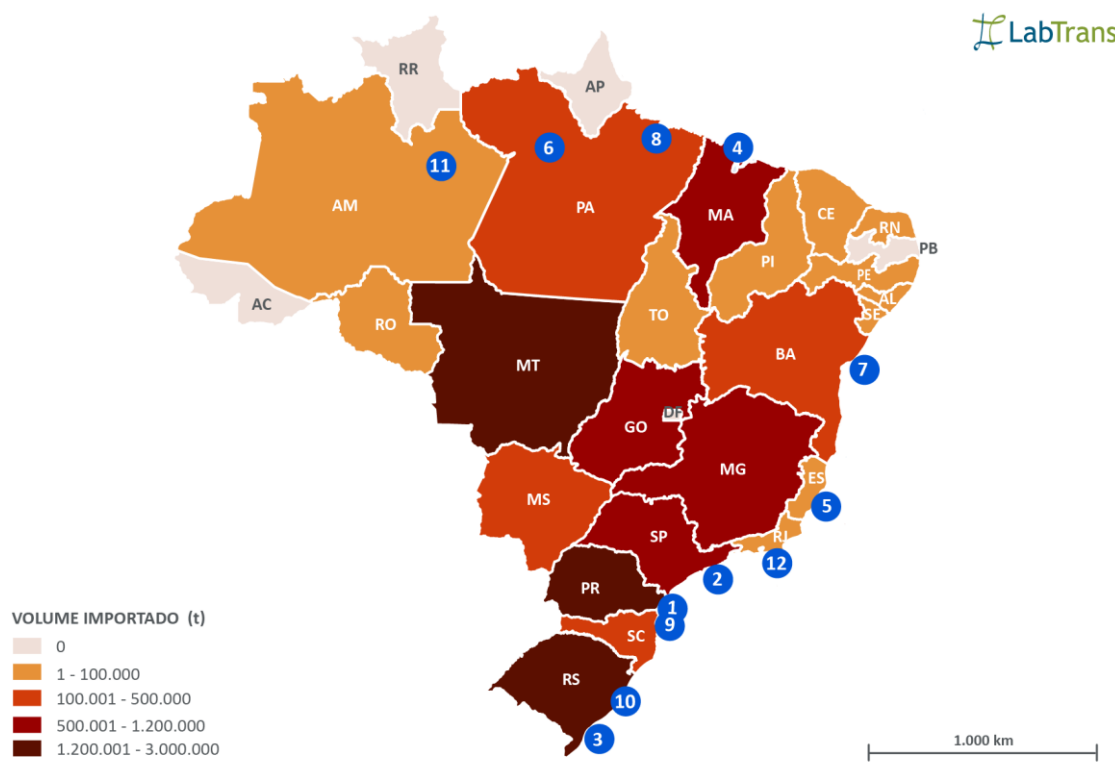
A produção comercializada de potássio em 2020, para cada estado brasileiro, também é esquematizada na Figura 29.

Figura 29 – Produção comercializada do cloreto de potássio em 2020



A Figura 30, por sua vez, apresenta os principais complexos portuários responsáveis pela importação do minério em 2020, com destaque para os complexos portuários de Paranaguá e Antonina, Santos e Rio Grande e Pelotas, que juntos concentraram aproximadamente 68% das recepções.

Figura 30 – Volume importado (t) de cloreto de potássio em 2020



Fonte: ANM ([2022]), Brasil (2022c), IBGE ([2021]) e ANTAQ (2022). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

As principais misturadoras que são responsáveis pela transformação do potássio em agentes fertilizantes, tal como o NPK, são: Yara, Mosaic, Fertipar e Heringer, estas detêm cerca de 73% do mercado de fertilizantes no Brasil (SOUZA, 2022).

A norueguesa Yara é considerada a maior empresa de fertilizantes no Brasil, somando, sozinha, cerca de 25% do mercado nacional, e possuindo sede internacional em Oslo, Noruega e sedes nacionais no Rio Grande do Sul e em São Paulo, com quatro unidades de produção no Brasil: duas em São Paulo, uma no Rio Grande do Sul e uma no Paraná (YARA BRASIL, c2022). Em seguida, tem-se a empresa The Mosaic Company, responsável por quase 20% da produção em território brasileiro, com sede internacional em Tampa, na Florida (EUA), e sede nacional em São Paulo, possuindo uma única mina de potássio localizada no estado de Sergipe (MOSAIC FERTILIZANTES, c2022). Com participação de cerca de 15% no mercado e sede no Paraná aparece a Fertipar, seguida da Heringer com 13% da produção total nacional e sede na Bahia (GRUPO FERTIPAR, c2016; HERINGER, c2022). Os 27% restantes são divididos entre as demais empresas do setor (SOUZA, 2022).

3 ANÁLISE DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE E DE LOGÍSTICA

O objetivo deste capítulo, correspondente à Meta 1.2 do *Plano de Trabalho*, abarca a análise da infraestrutura de logística e de transporte relevante para os segmentos de mineração, incluindo o mapeamento da infraestrutura atual e futura, as principais rotas utilizadas pelos seis produtos selecionados, bem como a avaliação de custos e de qualidade e a identificação de gargalos.

3.1 MAPEAMENTO DA INFRAESTRUTURA ATUAL E FUTURA

Neste item foram identificadas e mapeadas as redes nacionais de infraestrutura de transportes utilizadas na cadeia logística mineral brasileira. Nos mapas apresentados na sequência, dados disponibilizados por entidades especializadas no setor subsidiaram a formulação das representações geográficas. Entre elas estão:

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)
- Ministério da Infraestrutura (MInfra).

De forma integral foi utilizada a base cartográfica contínua do Brasil, disponibilizada e atualizada pelo IBGE, contendo limites territoriais nacionais, estaduais e municipais de interesse (IBGE, [2021]).

INFRAESTRUTURA ATUAL

A **malha ferroviária atual** possui 31.299 km de extensão, sendo 98,74% da movimentação (trem.km) direcionada ao transporte de cargas, correspondendo, em 2020, a cerca de 520,2 milhões de toneladas úteis (TU) (CNT, 2021a; ANTT, [2022]; MALHA, 2021). A densidade ferroviária do País se aproxima, assim, de 3,57 km/1.000 km² (IBGE, 2022a).

A elaboração do mapa ferroviário baseou-se nos arquivos georreferenciados disponibilizados pelo MInfra, posteriormente reavaliados, em vista da publicação mais recente do *Anuário da Revista Ferroviária*, a fim de considerar as malhas em operação e desativadas (BRASIL, 2021a; MALHA, 2021). A Figura 31 apresenta a malha ferroviária brasileira existente até o ano de 2021.

Figura 31 – Malha ferroviária atual

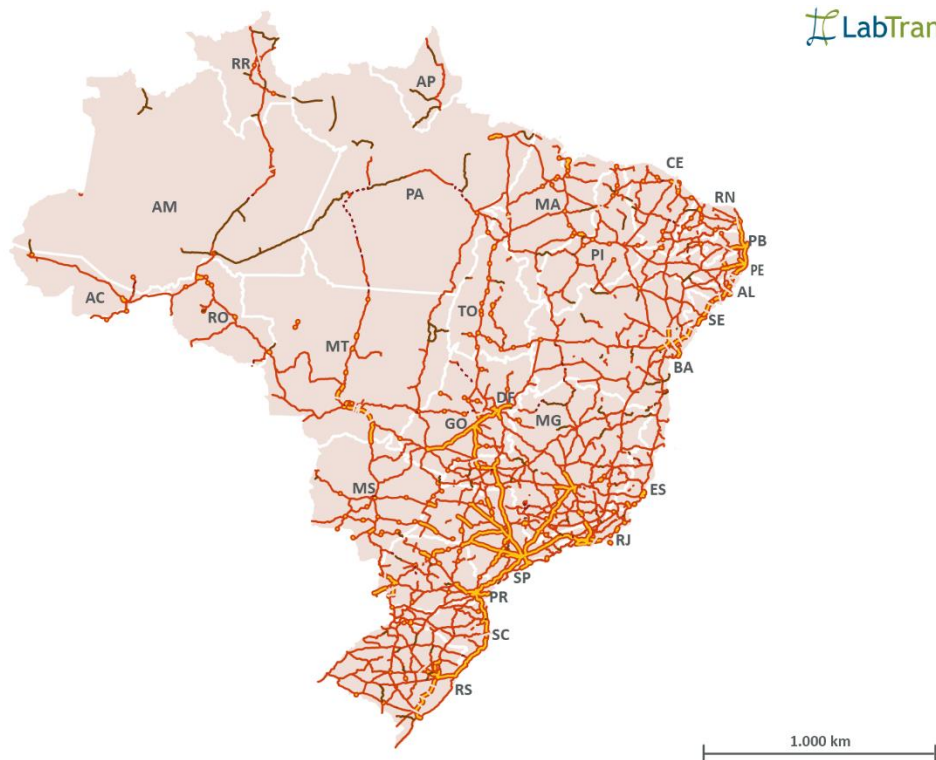


Fonte: Brasil (2021a), IBGE ([2021]) e Malha (2021). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

A **malha rodoviária atual** possui cerca de 75.093 km, de acordo com informações do Sistema Nacional de Viação (SNV), instituído pela Lei nº 12.379, de 6 de janeiro de 2011, que na composição do Sistema Federal de Viação (SFV), entre outros, enquadra o Subsistema Rodoviário Federal (art. 3º, I) e os sistemas de viação dos estados, do Distrito Federal (DF) e dos municípios (art. 38) (BRASIL, 2011). A partir da malha considerada, observa-se uma extensão de 7.189 km duplicados, 58.576,3 km pavimentados e 9.327 km não pavimentados. A densidade rodoviária do País é de cerca de 8,82 km/1000 km² (DNIT, 2022).

A elaboração do mapa rodoviário baseou-se nos arquivos georreferenciados disponibilizados pelo DNIT, órgão responsável “pela implementação da política de infraestrutura do SFV” (DNIT, 2022, p. 4), conferidos em acordo com o mapa rodoviário atual, publicado pela Empresa de Planejamento e Logística S.A. (EPL) (ONTL, 2021). A Figura 32 apresenta a malha rodoviária brasileira atual.

Figura 32 – Malha rodoviária atual

**LEGENDA:**

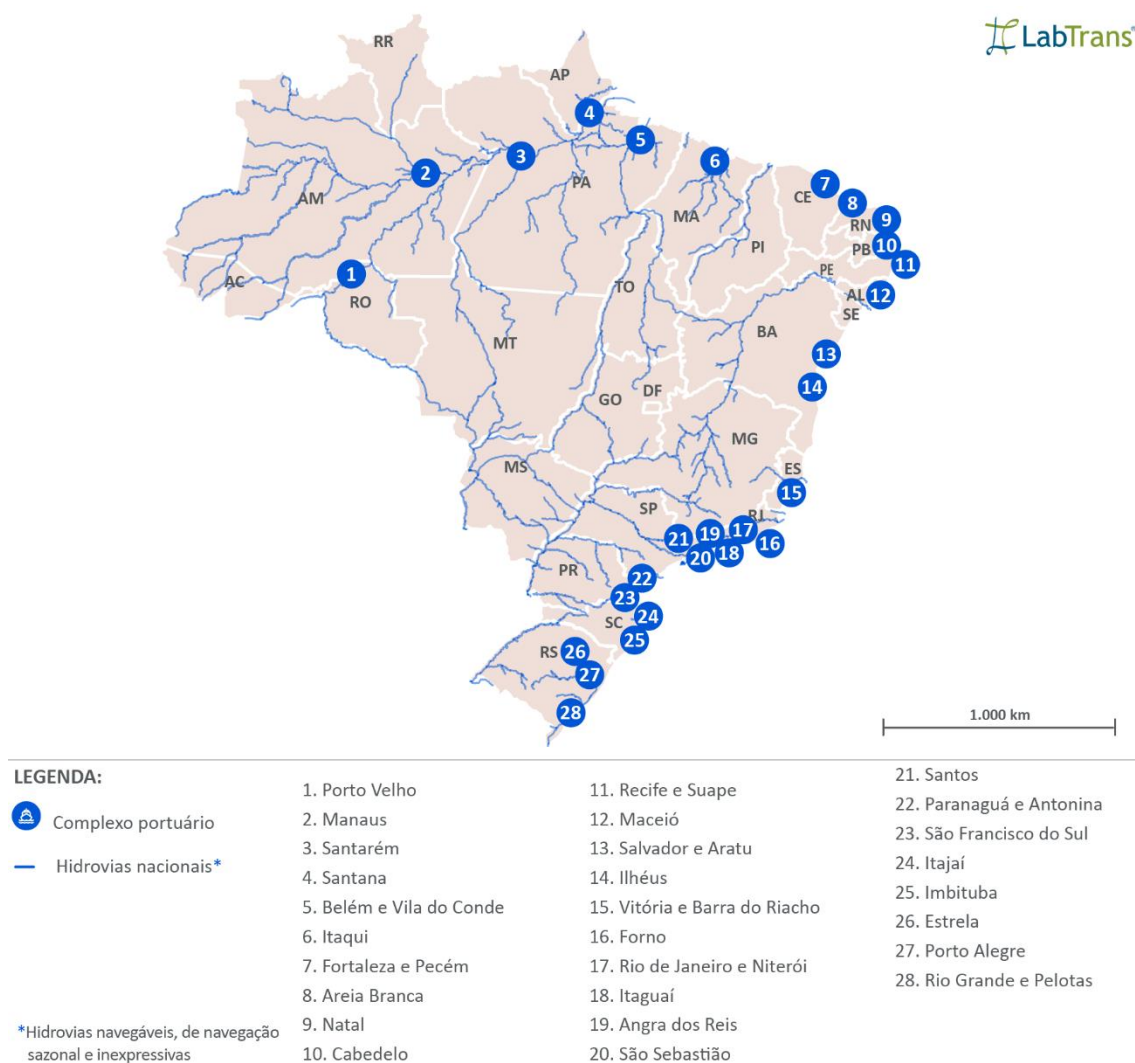
— Duplicada	— Pavimentada	— Implantada
- - - Em obra de duplicação	- - - Em obra de pavimentação	

Fonte: DNIT (2022), IBGE ([2021]) e ONTL ([2021]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Na identificação do **setor portuário brasileiro atual**, foram contabilizados 28 complexos portuários existentes, com base nos *Planos Mestres* (PMs), instrumentos integrantes do planejamento logístico portuário e fundamentados por meio da Portaria nº 61, de 10 de junho de 2020 (BRASIL, 2020b, 2021b). Os dados georreferenciados dos complexos portuários foram extraídos da *Base Cartográfica Contínua*, publicada e atualizada pelo IBGE ([2021]).

Apesar de não identificada na Figura 33, vale destacar que a costa brasileira possui 7,4 mil km de extensão disponíveis para cabotagem, abrangendo 17 estados da Federação (EPL, c2021).

Figura 33 – Complexos portuários atuais

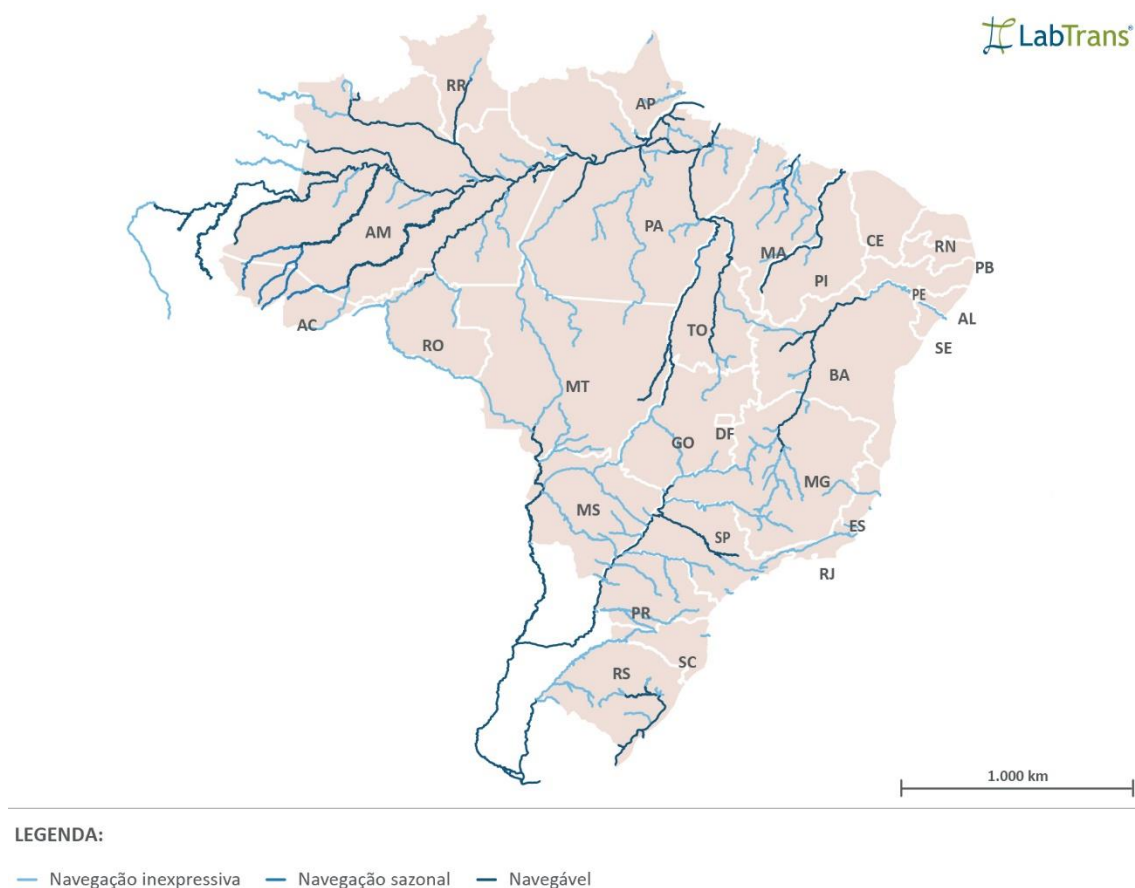


Fonte: Brasil (2021a) e IBGE ([2021]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

A **malha hidroviária atual** apresenta cerca de 76.022 km, sendo destes 64.524 km de domínio jurisdicional da União ou unidades federativas. A extensão considerada navegável pelo MInfra, entretanto, corresponde a 30.190 km, com 23.009 km sob território nacional. A densidade hidroviária do País é de cerca de 7,58 km/1.000 km² (BRASIL, 2021a; IBGE, 2022a).

A elaboração do mapa hidroviário baseou-se nos arquivos georreferenciados disponibilizados pelo MInfra, que os categorizou de acordo com a navegabilidade dos percursos: navegação inexpressiva, navegação sazonal e navegável. A Figura 34 apresenta a malha hidroviária atual (BRASIL, 2021a).

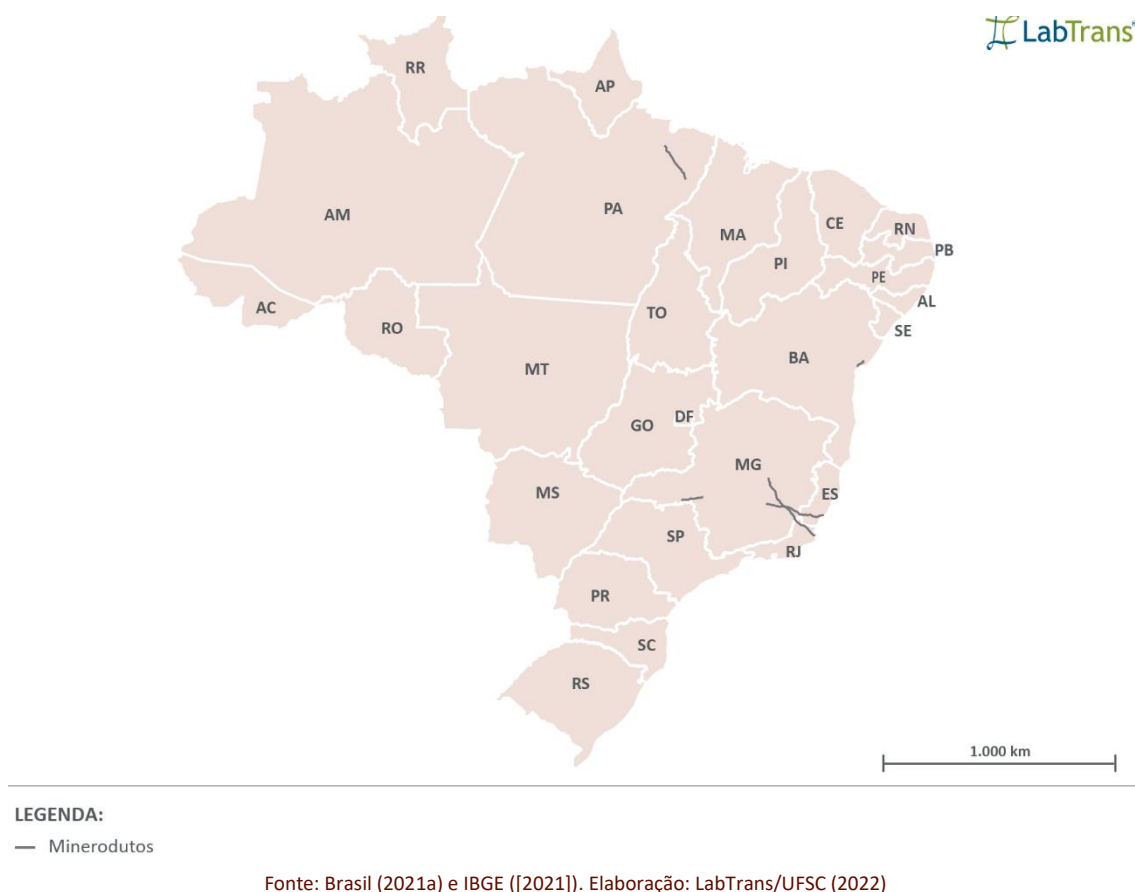
Figura 34 – Hidrovias atuais



Fonte: Brasil (2021a) e IBGE ([2021]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

No mapeamento dos **minerodutos atuais**, foi considerada a base georreferenciada do MInfra, indicativa da malha dutoviária nacional, em acordo com as competências da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), que atua na organização dos cadastros de dutovias do País (ANTT, c2018; BRASIL, 2021a). A extensão de 1.683 km considera cinco minerodutos existentes, o que corresponde a cerca de 7% da malha atual de dutovias (EPL, c2021). A Figura 35 exhibe os minerodutos existentes no Brasil.

Figura 35 – Minerodutos atuais



INFRAESTRUTURA FUTURA

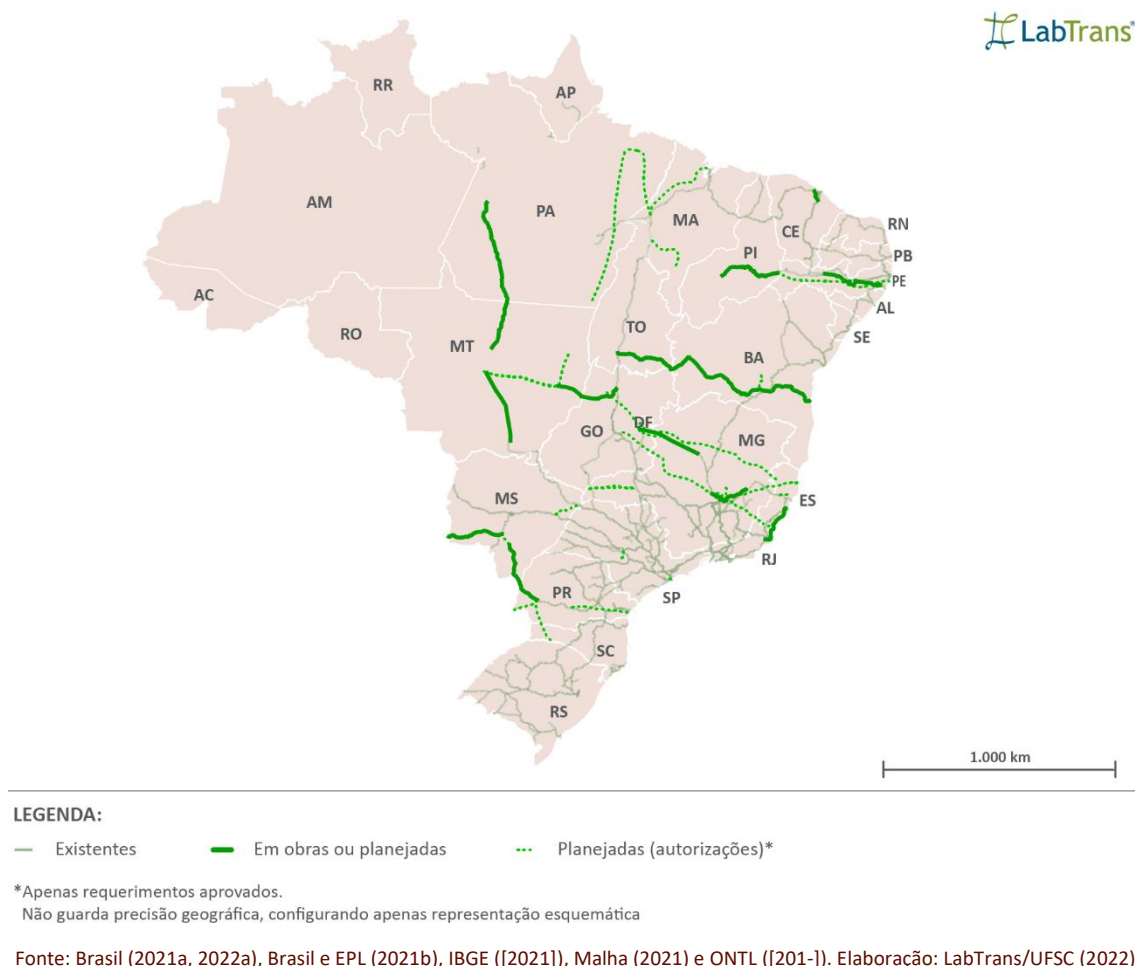
No cenário de transportes previsto, a concepção da **malha ferroviária futura** se deu a partir de informações do *Plano Nacional de Logística 2035* (PNL 2035) e de dados georreferenciados disponibilizados pelo MInfra.

Na consideração da malha de ferrovias como “Existentes”, foi mantida a base georreferenciada utilizada no mapa ferroviário atual (Figura 31), disposta com dados do MInfra e atualizada em acordo com a publicação do *Anuário da Revista Ferroviária* (BRASIL, 2021a; MALHA, 2021). Para os trechos classificados como “Em obra e planejadas”, foram agrupadas informações provenientes do MInfra (“em obra”) e do *Cenário VII do PNL 2035*, no qual constam os empreendimentos ferroviários planejados (BRASIL, 2021a; ONTL, [201-]).

Acerca das ferrovias planejadas, porém sob o Programa de Autorizações Ferroviárias, foram consultadas informações do Pro Trilhos, que é normatizado pela Lei nº 14.273/2021, considerando as ferrovias já autorizadas sob a vigência da Medida Provisória (MP) 1.065/2021 e que somam cerca de 9.900 km. Ressalta-se que para esta categoria, os traçados foram realizados de forma esquemática, em vista da indisponibilidade de dados georreferenciados de acesso público (BRASIL, 2022e, 2022a, 2021d, 2021e).

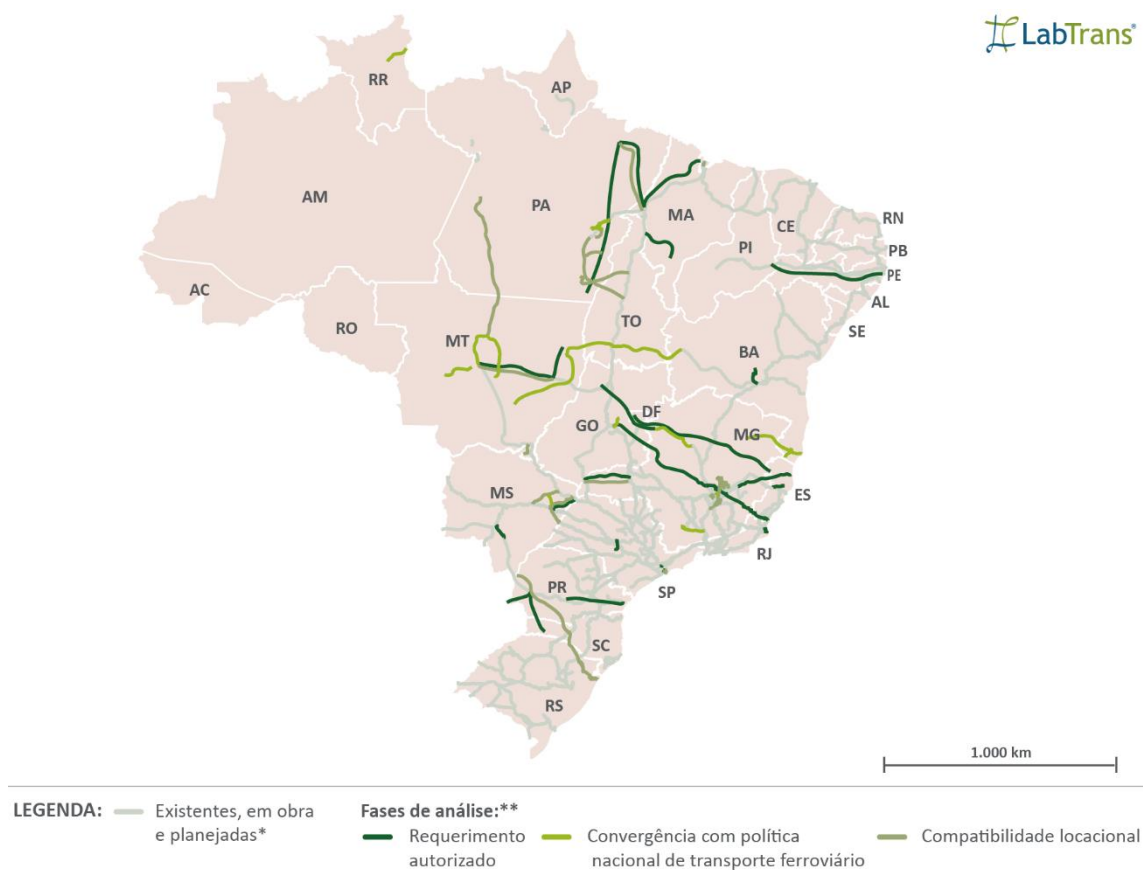
A Figura 36 exibe a representação esquemática para a infraestrutura ferroviária futura.

Figura 36 – Malha ferroviária futura



A fim de complementar a análise, elaborou-se, também, um mapa englobando todos os 78 requerimentos de autorizações ferroviárias (Figura 37), considerando as três fases processuais descritas no Pro Trilhos: compatibilidade locacional; convergência com política nacional de transporte ferroviário; e assinatura do contrato de adesão. Este último equivale à ferrovia já autorizada. Ressalta-se, novamente, que os traçados foram representados de forma esquemática (BRASIL, 2022e, 2021d, 2021e).

Figura 37 – Autorizações ferroviárias



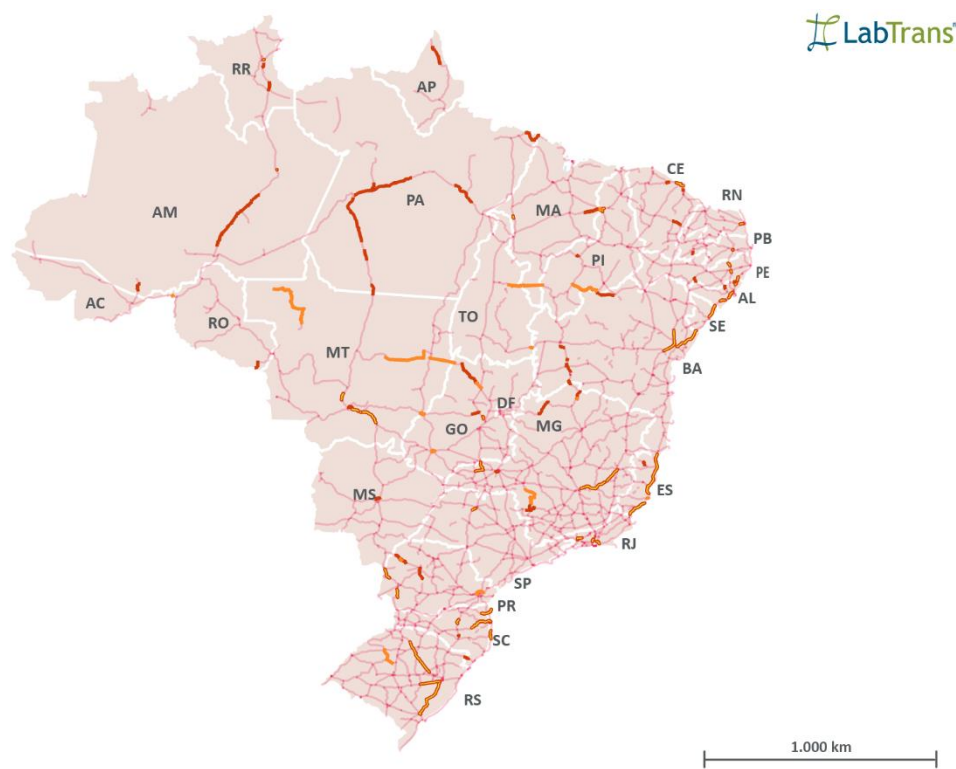
* Considerando informações obtidas através do PNL 2035 e Minfra ** Não guarda precisão geográfica, configurando apenas representação esquemática

Fonte: Brasil (2021c, 2022a, 2022e), Brasil e EPL (2021a), IBGE ([2021]), Malha (2021) e ONTL ([201-]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Para a concepção da **malha rodoviária futura**, foram utilizados os arquivos georreferenciados disponibilizados pelo DNIT, por meio do portal do SNV (DNIT, 2022), e informações provenientes do mapa rodoviário atual da EPL (ONTL, 2021). A definição da malha futura considerou empreendimentos em rodovias federais previstos nos cenários I e II do PNL 2035. Assim, obtiveram-se informações de duplicações, de pavimentações e de implantações planejadas (BRASIL; EPL, 2021a).

A Figura 38 indica a malha rodoviária futura esquematizada.

Figura 38 – Malha rodoviária futura

**LEGENDA:**

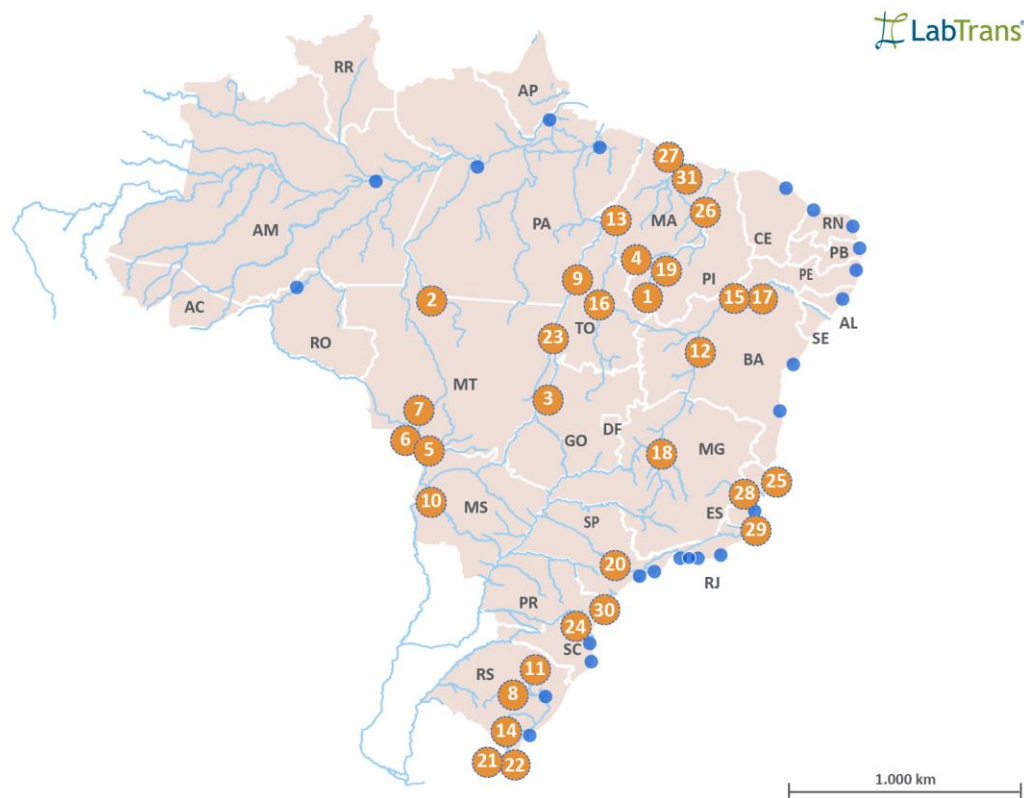
— Implantação — Duplicação — Pavimentação — Existente

Fonte: Brasil e EPL (2021a), DNIT (2022), IBGE ([2021]) e ONTL ([2021]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Para a representação da **infraestrutura portuária futura**, foram mantidos os complexos portuários representados no mapa atual (Figura 33) e indicados os empreendimentos portuários previstos segundo o *Apêndice VIII do PNL 2035*, o qual contempla, como “novas instalações”, a implementação de 31 estruturas portuárias (BRASIL; EPL, 2021b).

A Figura 39 apresenta a infraestrutura prevista para o setor portuário.

Figura 39 – Infraestrutura portuária futura

**LEGENDA:**

— Hidrovias nacionais*

Complexos portuários

Empreendimentos planejados

1. Terminal de Alto Parnaíba
2. Terminal de Cachoeira Rasteira
3. Terminal Hidroviário de Aruanã
4. Terminal de Balsas
5. Terminal de Paratual
6. Terminal de Barranco Vermelho

*Hidrovias navegáveis, de navegação sazonal e inexpressivas

7. Porto de Cáceres

8. Terminal de Cachoeira do Sul

9. Terminal Hidroviário de Conceição do Araguaia

10. Terminal Portuário de Paraíso

11. Porto de Estrela

12. Terminal de Ibotirama

13. Terminal de Imperatriz

14. Terminal de Jaguarão

15. Terminal de Juazeiro

16. Terminal Hidroviário em Miracema do Tocantins

17. Porto de Petrolina

18. Terminal de Pirapora

19. Terminal de Ribeiro Gonçalves

20. Terminal de Salto

21. Terminal de Santa Vitória do Palmar

22. Terminal de Arroito

23. Terminal Hidroviário de São Félix

24. Terminal São Francisco do Sul

25. TUP Petrocity

26. Terminal de Teresina

27. Grão-Pará Multimodal

28. Terminal Imetame

29. Porto Central Complex Industrial Portuário

30. Terminal Graneleiro da Babitonga

31. WPR São Luís

Fonte: Brasil (2021a), Brasil e EPL (2021b) e IBGE ([2021]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Na sequência, são apresentadas as informações relativas às entrevistas com as principais entidades do setor.

3.2 OFICINA – ENTREVISTAS COM *PLAYERS* DO SETOR

Este item contempla a verificação e o mapeamento das perspectivas e dos desafios relacionados ao transporte e à logística no ramo da mineração por meio de entrevistas com os principais *players* do setor. *A priori*, as entrevistas ocorreriam em uma oficina presencial que seria realizada pelo MME, no entanto, em acordo posterior, decidiu-se pela realização das conversas por meio de videoconferência.

Desse modo, as videochamadas ocorreram durante os dias 28 de julho e 31 de agosto de 2022, em que foram entrevistadas 18 entidades e empresas do setor, as quais são elencadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Lista de entidades entrevistadas

ENTIDADE	CATEGORIA	SETOR
Agência Nacional de Mineração (ANM) – Unidade Regional da Bahia	Entidade	Cobre e ferro
Agência Nacional de Mineração (ANM) – Unidade Regional de Goiás	Entidade	Cobre, fosfato, alumínio e manganês
Agência Nacional de Mineração (ANM) – Unidade Regional de Mato Grosso do Sul	Entidade	Manganês e ferro
Agência Nacional de Mineração (ANM) – Unidade Regional de Mato Grosso	Entidade	Manganês, cobre, ferro, fosfato e potássio
Agência Nacional de Mineração (ANM) – Unidade Regional de Minas Gerais	Entidade	Ferro, fosfato, alumínio e potássio
Associação Brasileira do Alumínio (ABAL)	Entidade	Alumínio
Alcoa Brasil	Empresa privada	Alumínio
Associação Brasileira do Cobre (ABCobre)	Entidade	Cobre
Sindicato da Indústria de Adubos e Corretivos Agrícolas no Estado do Paraná (SINDIADUBOS)	Entidade	Fosfato e potássio
Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA)	Entidade	Fosfato e potássio
Agência Nacional de Mineração (ANM) – Unidade Regional do Pará	Entidade	Cobre, alumínio, manganês e ferro
Associação Nacional dos Usuários do Transporte de Carga (ANUT)	Entidade	Logística
Mineração Rio do Norte (MRN)	Empresa privada	Alumínio
Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa Mineral e Mineração (ABPM)	Entidade	Associação de empresas
Mosaic	Empresa privada	Fosfato e potássio
Bahia Mineração (BAMIN)	Empresa privada	Ferro
Vale S.A.	Empresa privada	Ferro, manganês, cobre

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Houve, ainda, tentativa de contato com outros dez *players*, porém não foi possível agendar uma reunião, são eles:

- Associação de Misturadores de Adubo do Brasil (AMA Brasil)
- Heringer
- Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM)
- Mineração Maracá
- Sindicato Nacional das Indústrias de Matérias-Primas para Fertilizantes (SINPRIFERT)
- Companhia Brasileira de Alumínio (CBA)
- Terra Brasil Minerals
- Buritirama Mineração
- Brasil Exploração Mineral S/A (BEMISA)
- Associação Brasileira dos Produtores de Ferroligas e de Silício Metálico (ABRAFE).

As conversas seguiram um roteiro de perguntas, que contribuíram para elucidar os pontos em questão, bem como fomentar o surgimento de outros apontamentos. Esse roteiro foi dividido em dois blocos, o primeiro com foco no âmbito mercadológico e o segundo voltado ao transporte e à logística do setor mineral. O roteiro de perguntas pode ser observado na sequência.

Produção e consumo atual:

1. Quais são as principais zonas produtoras de minério no Brasil da empresa entrevistada?
 - I. Onde estão localizadas as principais reservas e zonas de produção deste(s) minério(s)?
2. Onde estão localizadas as principais unidades de consumo (doméstico ou externo)?
 - I. Quais são os setores que consomem?
 - II. Quais as empresas ou países que importam?

Perspectivas da produção dos minérios:

1. Quais as perspectivas de uso e de demanda do(s) minério(s)? O produto possui expectativa de crescimento?
2. Quais as perspectivas da capacidade produtiva (oferta)?
 - I. Há perspectiva de aumentar as reservas e a produção no Brasil?
 - II. Quanto é essa perspectiva e quais seriam as regiões produtoras?

Logística de transporte atual:

1. Qual a logística atual utilizada? Quais os modais utilizados?
2. Quais as principais qualidades da atual logística de transporte?
3. Quais os principais gargalos da logística de transporte atualmente? Físicos e burocráticos.
4. Na opinião do entrevistado, onde seriam necessários investimentos?

Perguntas finais:

1. Considerando as regiões produtoras, qual o papel da infraestrutura para viabilizar a produção, a importação ou o consumo doméstico dessas novas reservas minerais?
2. Qual seria o principal desafio (ou dificuldade, ou problema) em relação ao transporte e à logística para a empresa/entidade?

Dessa forma, a partir das respostas e dos comentários dos entrevistados, foi possível elencar os principais temas, isto é, os pontos de atenção levantados pelos *players* acerca do setor mineral e sua logística de transportes. As memórias de reunião estão dispostas no Apêndice.

3.2.1 PRINCIPAIS TEMAS

Este item expõe os principais temas abordados nas entrevistas com os *players* do setor, que englobam, por exemplo, o excesso de tráfego de minérios no modal rodoviário, a existência de elementos que encarecem os custos logísticos e a problemática encontrada na capacidade de armazenamento nos complexos portuários brasileiros.

1. Acesso às minas e a novas regiões para pesquisa mineral

Para parte dos entrevistados, os gargalos logísticos do setor de mineração iniciam já no momento da pesquisa de novas reservas a serem exploradas, visto que muitas regiões têm acesso limitado e isto dificulta o processo. Mesmo para as minas que estão em produção em regiões mais isoladas, a falta de melhores acessos ou até mesmo de acesso rodoviário foi uma questão problemática identificada pelas entidades.

2. Modal rodoviário

Com a impossibilidade de se realizar o transporte mineral pelo modal ferroviário, surge a necessidade de escoar a produção por caminhões, o que é uma dificuldade levantada por diversas entidades do setor. Essa prática gera excesso de tráfego nas rodovias e prejuízos ambientais, além disso, muitos caminhões trafegam com sobrepeso, fazendo com que o pavimento receba uma carga muito acima da projetada, degradando o pavimento e piorando suas condições de tráfego. Ademais, as altas tarifas cobradas pelo transporte rodoviário também foram consideradas como um empecilho para a logística dos minérios.

3. Portos

A falta de capacidade de armazenamento de alguns dos portos brasileiros também foi um gargalo logístico amplamente citado pelos *players* do setor. O principal ponto abordado foi o de que algumas instalações portuárias não possuem estrutura para armazenar toda a carga

que é movimentada por elas diariamente. Outro problema que afeta a infraestrutura portuária é a profundidade dos acessos marítimos, pois alguns complexos portuários brasileiros não são capazes de receber navios de maiores calados.

4. Modal ferroviário

Citadas recorrentemente entre os *players* do setor, a baixa quantidade e a qualidade da malha ferroviária brasileira são um grande impedimento para o desenvolvimento adequado do setor mineral. Entre os principais fatores mencionados estão a falta de investimento, as baixas velocidades de operação, a falta de ligações com as minas, dificuldades no compartilhamento da via e tarifas caras em trechos pouco utilizados.

5. Perspectivas do setor

Em termos gerais, o setor mineral brasileiro é visto com expectativas positivas pelos *players* entrevistados, sendo esperado um crescimento dessa indústria para os próximos anos. Mesmo considerando as diferenças em termos de números de reservas e a capacidade de extração dos seis minérios selecionados para análise, os *players* demonstraram possuir perspectivas otimistas acerca do futuro desempenho da produção de cada um, especialmente dos minérios metálicos (ferro, manganês, cobre e alumínio) perante a movimentação para a transição energética.

Quanto às perspectivas dos agrominerais (fosfato e potássio), estas estão atreladas à implementação do Plano Nacional de Fertilizantes (PNF), que visa reduzir a dependência externa desses minérios e, apesar de ambos não serem amplamente minerados no País atualmente, há expectativa de que a produção nacional aumente com o intuito de atender ao mercado interno, principalmente diminuindo a dependência pela importação desses insumos.

6. Lentidão nos processos burocráticos

Mesmo não sendo diretamente ligado ao setor de transporte, um problema citado por alguns dos entrevistados foi a lentidão por parte dos órgãos públicos em resolver trâmites burocráticos. Por vezes, solicitações de licença para mineração ficam paradas por muito tempo nas instituições, devido, principalmente, à carência de funcionários para realizar os procedimentos. Isso faz com que inúmeros projetos não se concretizem. Além disso, as empresas de mineração acabam perdendo oportunidades de mercado, pois algumas demandas são temporárias, e a demora para a liberação legal do processo de mineração faz com que elas deixem de existir.

3.3 PRINCIPAIS ROTAS UTILIZADAS

Este item visa à identificação e ao mapeamento das principais rotas utilizadas atualmente para o transporte dos seis produtos minerais definidos para análise em 2.4.

Após o levantamento dos volumes produzidos para cada minério, assim como os respectivos processos da cadeia produtiva, foram mapeadas as distribuições desses volumes entre os estados da Federação referentes à exportação ou à importação, resultando em Matrizes Origem-Destino (O/D). Para a composição dessas matrizes, utilizaram-se dados provenientes do *Comex Stat* (BRASIL, 2022c), que discrimina a origem das exportações ou o destino das importações por instalação portuária, possibilitando mapear a quantidade de determinado minério que os estados destinam para a exportação e para a importação.

Para a delimitação das principais rotas de transporte, ademais, foi considerada nas análises a localização das principais minas, usinas siderúrgicas, refinarias e misturadoras. Levou-se em conta, também, o volume de movimentação dos minérios por modal, com base nos dados do *Anuário do Setor Ferroviário* da ANTT (2022a) e do *Anuário Estatístico Aquaviário* da ANTAQ (2022).

Desse modo, a partir da infraestrutura de transportes disponível atualmente, foram definidas as principais rotas, isto é, as principais opções de trajetos que conectam os polos produtores ou importadores (origem) aos polos exportadores e/ou consumidores (destino). Ressalta-se que algumas rotas consideram regiões produtoras/consumidoras, podendo abarcar mais de uma origem ou destino próximo ao município identificado.

Destaca-se ainda que, após a realização das entrevistas com as principais entidades do setor, foi possível aperfeiçoar o detalhamento das rotas, visto que nessas reuniões foram fornecidas contribuições e informações complementares ao levantamento realizado. Assim, as principais rotas de transporte para os seis produtos selecionados são apresentadas nos itens a seguir.

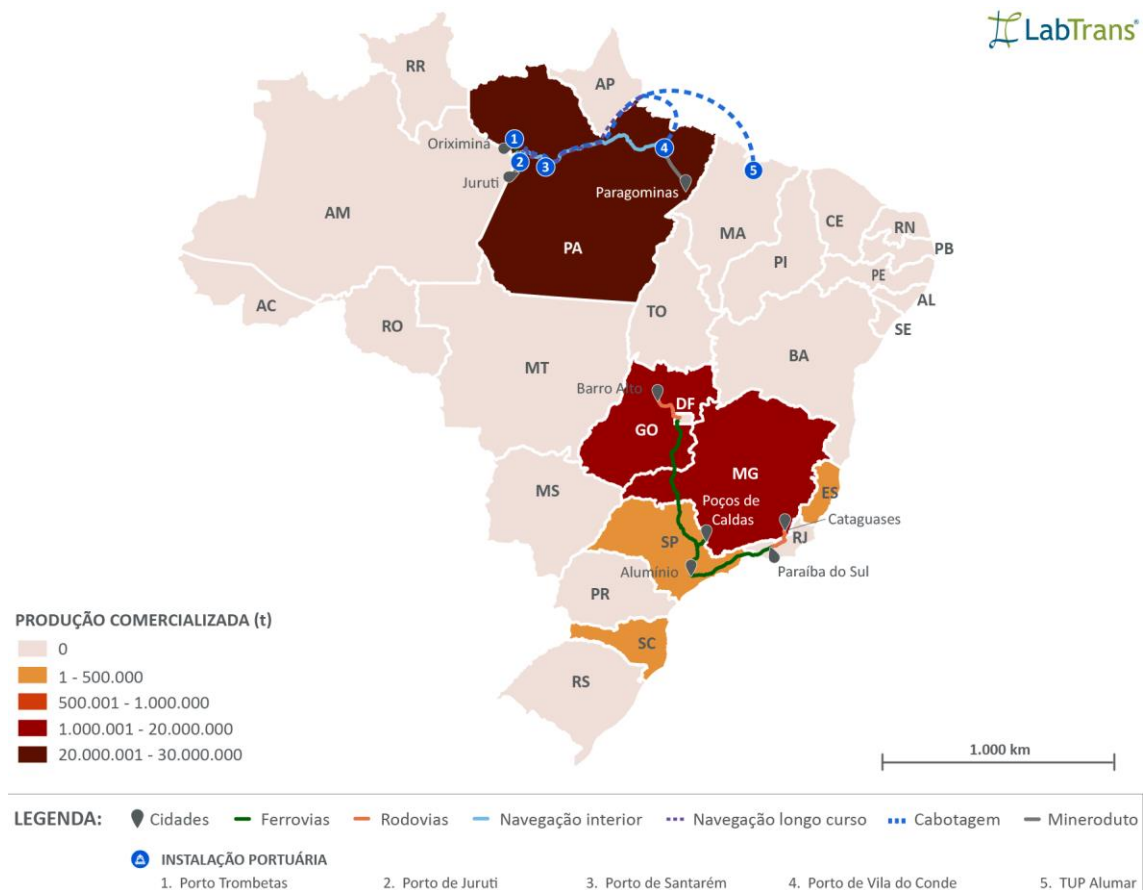
3.3.1 ALUMÍNIO (BAUXITA)

Em um primeiro momento, foram identificados os principais pares de origem e destino na Matriz O/D de exportação do alumínio (bauxita), sendo desconsiderados aqueles com origem em Minas Gerais, Santa Catarina e Goiás, visto que representaram 2% do valor total exportado em 2020 (BRASIL, 2022c). Em relação aos dados de estados produtores, não foram considerados Espírito Santo, Santa Catarina e São Paulo, os quais responderam por 1% da produção comercializada total em 2020 (ANM, 2022).

As rotas também foram determinadas a partir da avaliação da localização dos pontos de origem (mineradoras) e de destinos internos (refinarias) dos fluxos, com o mapeamento de 273 minas e de quatro refinarias (ANM, 2022; ABAL, c2019b). Além disso, as análises levaram em consideração os dados ferroviários, hidroviários e de cabotagem disponíveis (ANTT, 2022a; ANTAQ, 2022).

A Figura 40 apresenta as principais rotas de transporte do alumínio (bauxita) e os estados produtores do minério.

Figura 40 – Principais rotas de transporte e produção por estado do alumínio (bauxita)

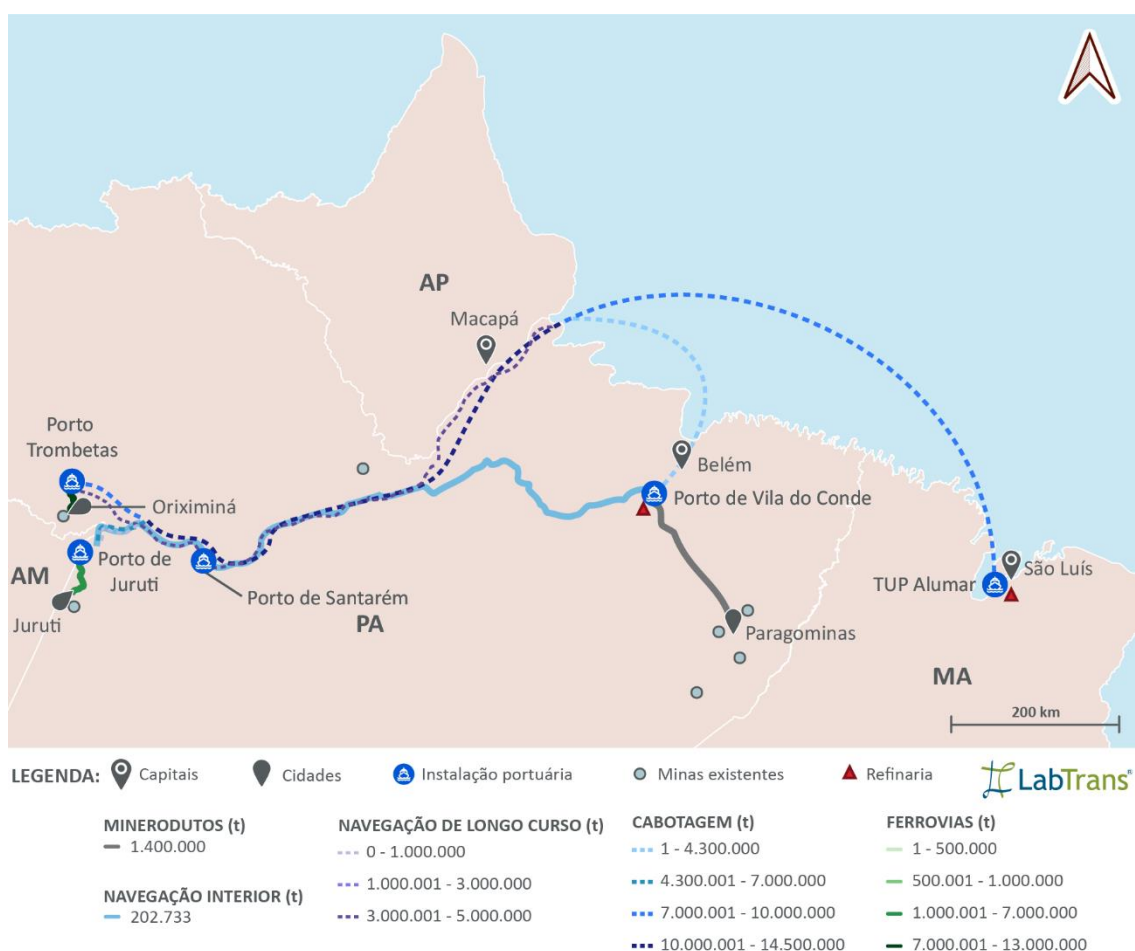


Fonte: IBGE ([2021]), ANM (2022) e DNIT (2022). Elaboração LabTrans/UFSC (2022)

Com base na Figura 40, nota-se que as principais rotas de transporte de bauxita estão concentradas nas regiões Norte e Sudeste principalmente. Para o escoamento desse minério, são utilizados os modais rodoviário, ferroviário, hidroviário, de cabotagem e dutoviário, seja para o mercado interno ou para o comércio exterior.

Os detalhes das rotas são especificamente ilustrados na Figura 41 para as regiões Norte e Nordeste e na Figura 42 para as regiões Centro-Oeste e Sudeste.

Figura 41 – Detalhes das rotas do alumínio (bauxita) nas regiões Norte e Nordeste



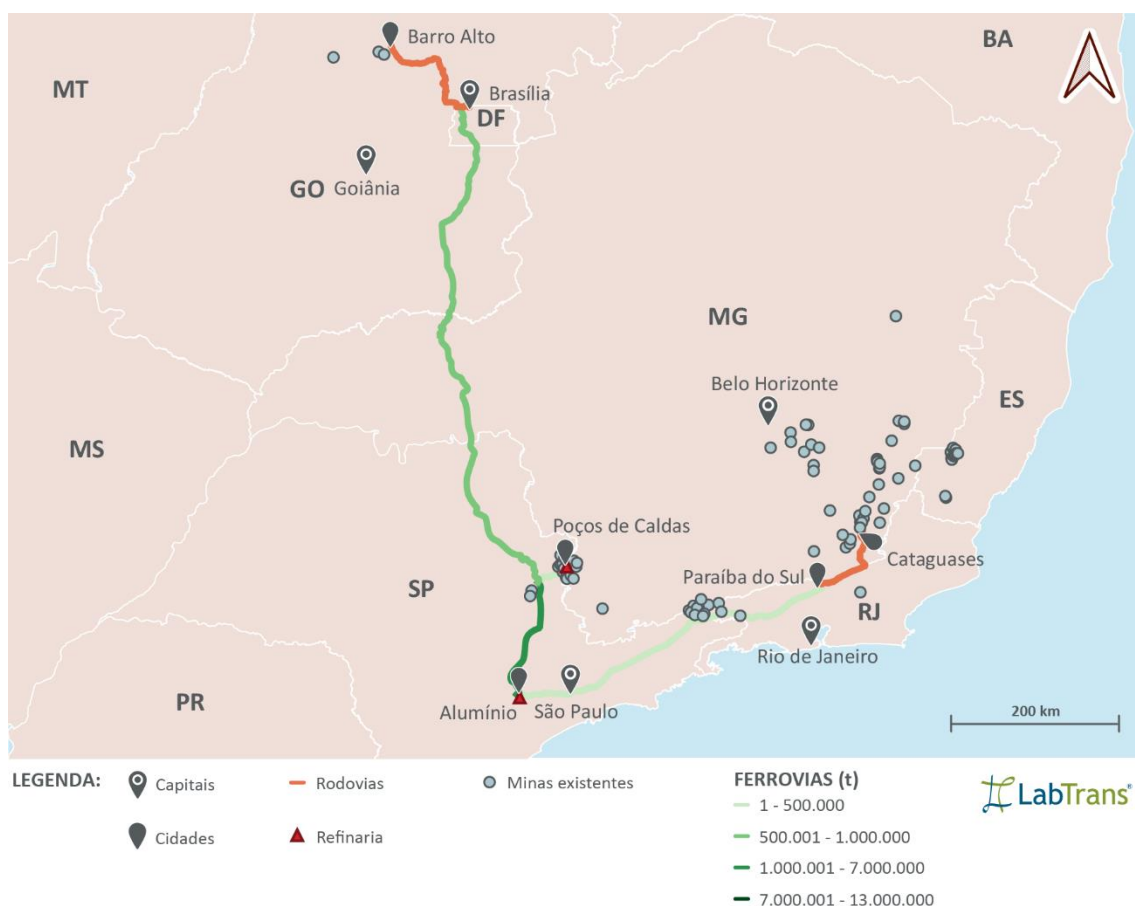
Fonte: Anuário Revista Ferroviária (2021), ANTAQ (2022), IBGE ([2021]), ANM (2022), Hydro (c2022b), DNIT (2022) e ABAL (c2019b).
Elaboração LabTrans/UFSC (2022)

A partir da Figura 41, observa-se, detalhadamente, as rotas de transporte do alumínio (bauxita) das regiões Norte e Nordeste, bem como o volume transportado por cada modal utilizado. As rotas identificadas têm como origem as jazidas das mineradoras MRN, Alcoa e Norsk Hydro, localizadas no Pará, e como destino o Porto de Santarém, de onde são exportadas (com destino final brasileiro em Macapá, Amapá), assim como as refinarias da Alumina do Norte do Brasil S.A. (Alunorte) e da Consórcio de Alumínio do Maranhão S.A. (Alumar), no Pará e no Maranhão, respectivamente.

As origens e os destinos das principais rotas da região são:

- Juruti (PA) > Macapá (AP)
- Oriximiná (PA) > Macapá (AP)
- Juruti (PA) > Barcarena (PA)
- Oriximiná (PA) > Barcarena (PA)
- Juruti (PA) > São Luís (MA)
- Oriximiná (PA) > São Luís (MA)
- Paragominas (PA) > Barcarena (PA).

Figura 42 – Detalhe das rotas do alumínio (bauxita) nas regiões Centro-Oeste e Sudeste



Na Figura 42, é possível observar, minuciosamente, as rotas de transporte do alumínio (bauxita) das regiões Centro-Oeste e Sudeste, bem como o volume transportado no modal ferroviário, o qual é utilizado juntamente ao rodoviário. As três rotas identificadas conectam as minas localizadas em Goiás e em Minas Gerais à refinaria da CBA em São Paulo, quais sejam:

- Barro Alto (GO) > Aluminio (SP)
- Poços de Caldas (MG) > Aluminio (SP)
- Cataguases (MG) > Aluminio (SP).

A seguir, são apresentadas as principais rotas de transporte do minério de cobre no Brasil.

3.3.2 COBRE

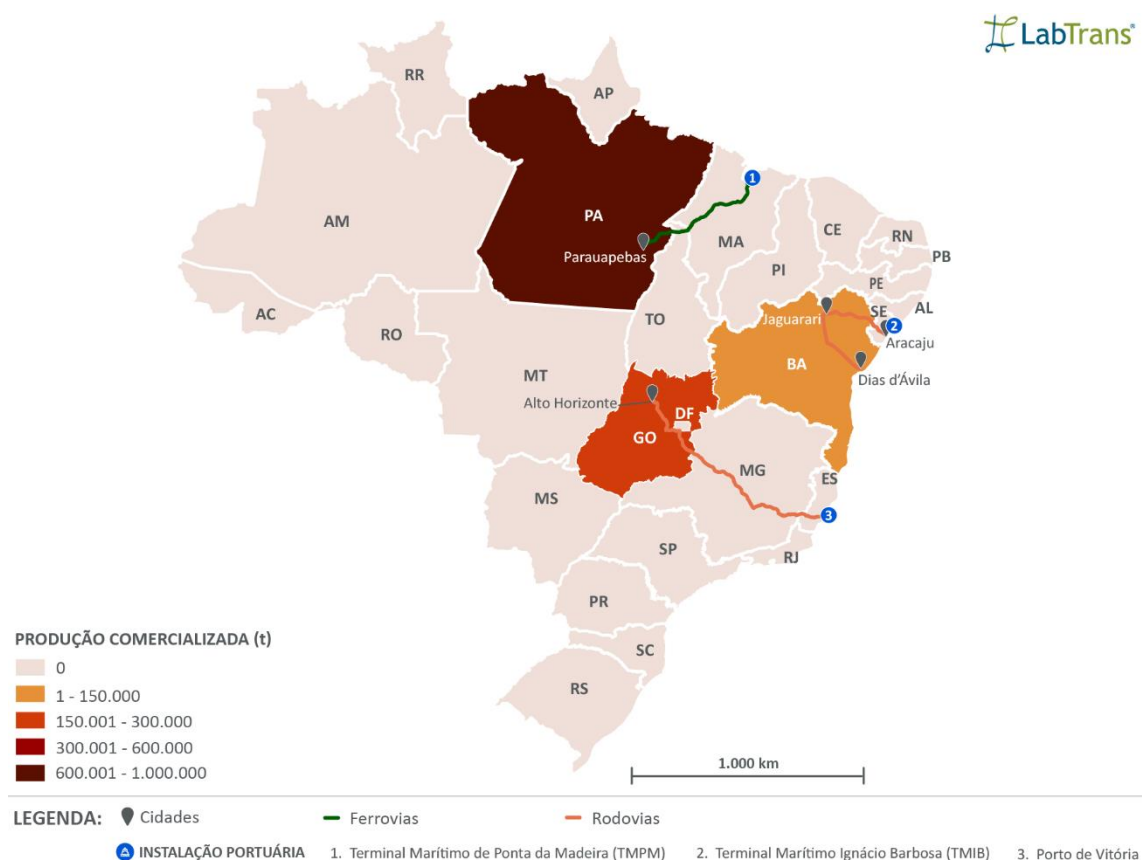
Com relação ao cobre, foram identificados os principais pares de origem e destino na Matriz O/D de exportação e de importação do minério. No sentido importação, não foram verificadas rotas que geram grande impacto na infraestrutura de transporte nacional, visto que a movimentação ocorre entre o Porto de Aratu, localizado no município de Aratu (BA), até a

refinaria da Paranapanema em Dias d'Ávila (BA), percorrendo um trajeto rodoviário de cerca de 30 km. No sentido exportação, foram desconsideradas as origens em São Paulo, Bahia, Paraná, Espírito Santo, Minas Gerais e Mato Grosso, em virtude de representarem 4% do valor total exportado em 2020 (BRASIL, 2022c).

As rotas também foram determinadas a partir da avaliação da localização dos pontos de origem (mineradoras) e de destinos internos (refinarias) dos fluxos, sendo mapeadas 25 minas e uma refinaria (ANM, 2022; PARANAPANEMA, c2014). Além disso, as análises consideraram dados ferroviários, hidroviários e de cabotagem disponíveis (ANTT, 2022a; ANTAQ, 2022).

A Figura 43 apresenta as principais rotas de transporte do minério de cobre e os estados produtores.

Figura 43 – Principais rotas de transporte e produção por estado do minério de cobre



Fonte: IBGE ([2021]), ANM (2022) e DNIT (2022). Elaboração LabTrans/UFSC (2022)

Nota-se que, nas principais rotas, apenas os modais rodoviário e ferroviário são utilizados para escoamento da substância, principalmente com foco no comércio exterior. Mais especificações dessas rotas são ilustradas na Figura 44 para as regiões Norte e Nordeste e na Figura 45 para as regiões Centro-Oeste e Sudeste.

Figura 44 – Detalhes das rotas do minério de cobre nas regiões Norte e Nordeste



Fonte: ANTT (2022a), IBGE ([2021]), ANM (2022), DNIT (2022) e Paranapanema (c2014). Elaboração LabTrans/UFSC (2022)

Por meio da Figura 44 observam-se, detalhadamente, as rotas de transporte do minério de cobre das regiões Norte e Nordeste, bem como o volume transportado pelo modal ferroviário. As rotas identificadas têm como origem as minas da Salobo Metais S.A. e da Vale, localizadas no Pará, e como destino o Terminal Marítimo de Ponta da Madeira (TMPM), no Maranhão, para exportação. Além disso, há origem nas minas da Mineração Caraíba, na Bahia, e destino à refinaria da Paranapanema no mesmo estado, bem como à exportação pelo Terminal Marítimo Inácio Barbosa (TMIB), trajetos realizados pelo modal rodoviário.

As origens e os destinos das principais rotas da região são:

- Parauapebas (PA) > Itaqui (MA)
- Jaguarari (BA) > Aracaju (SE)
- Jaguarari (BA) > Dias d'Ávila (BA).

Figura 45 – Detalhes das rotas do minério de cobre nas regiões Centro-Oeste e Sudeste



Fonte: IBGE ([2021]), ANM (2022) e DNIT (2022). Elaboração LabTrans/UFSC (2022)

Observa-se em pormenores na Figura 45 a rota de transporte do minério de cobre das regiões Centro-Oeste e Sudeste, a qual ocorre pelo modal rodoviário. A rota identificada conecta as minas em Goiás ao Porto de Vitória, no Espírito Santo, para exportação, a saber:

- Alto Horizonte (GO) > Vitória (ES).

A seguir, são apresentadas as principais rotas de transporte do minério de ferro no Brasil.

3.3.3 FERRO

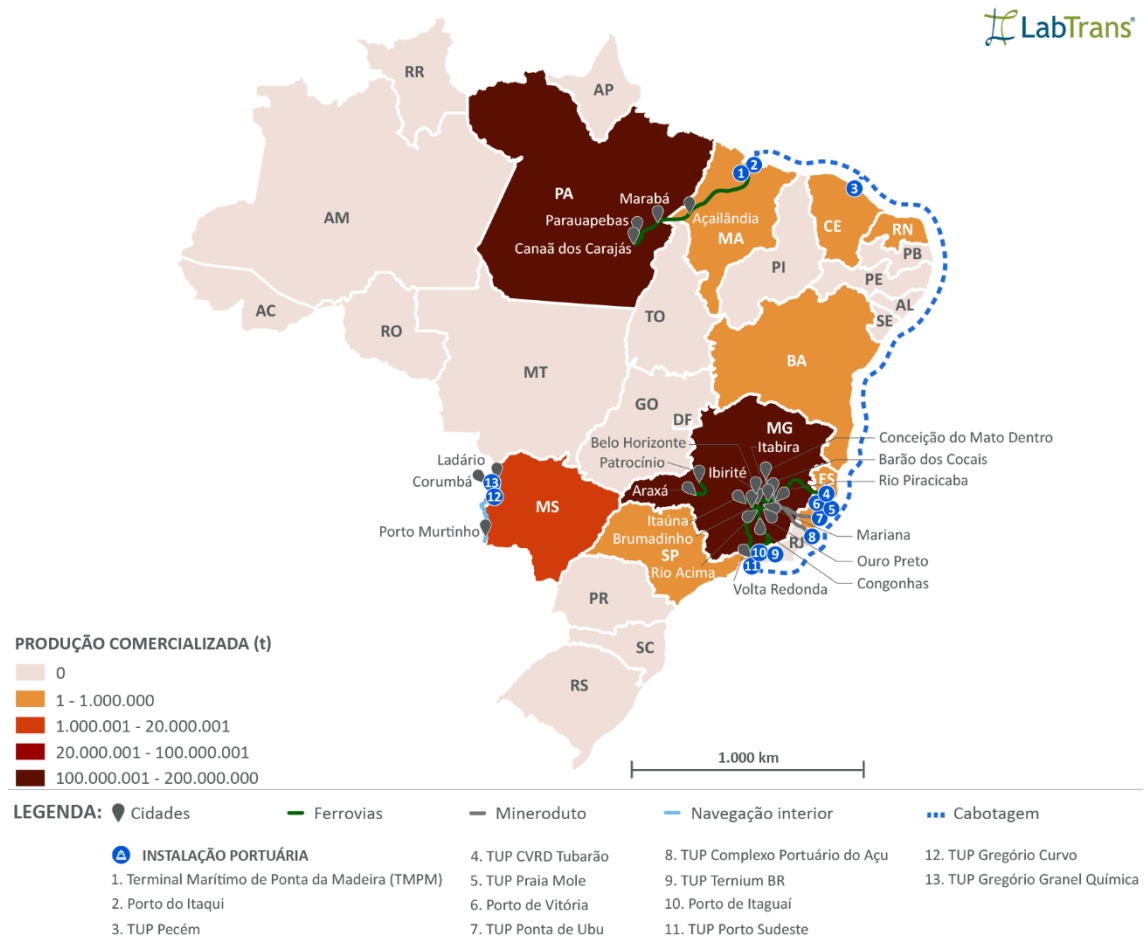
Quanto ao transporte de minério de ferro, foram identificados os principais pares de origem e destino na Matriz O/D de exportação do insumo, sendo desconsiderados aqueles com origem em Amapá, Bahia, Ceará, São Paulo, em razão de representarem 0,2% do valor total exportado em 2020 (BRASIL, 2022c). Os dados de exportações com origem no Espírito Santo, Maranhão e Rio de Janeiro também não foram considerados, pois as rotas partem de usinas pelletizadoras localizadas próximo aos portos (VALE, [202-?]; MERCANTIL, 2002).

Em relação aos dados dos estados produtores, não foram considerados: Amapá, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Maranhão, Rio Grande do Norte e São Paulo, os quais registraram 0,3% da

produção comercializada total no ano em análise (ANM, 2022). Ressalta-se que as rotas também foram determinadas a partir da avaliação da localização dos pontos de origem (mineradoras) e de destinos internos (usinas siderúrgicas) dos fluxos, sendo mapeadas 315 minas e 36 usinas (ANM, 2022; INSTITUTO AÇO BRASIL, 2020). Além disso, as análises levaram em consideração os dados ferroviários, hidroviários e de cabotagem disponíveis (ANTT, 2022a; ANTAQ, 2022).

A Figura 46 apresenta as principais rotas de transporte do ferro e os estados produtores.

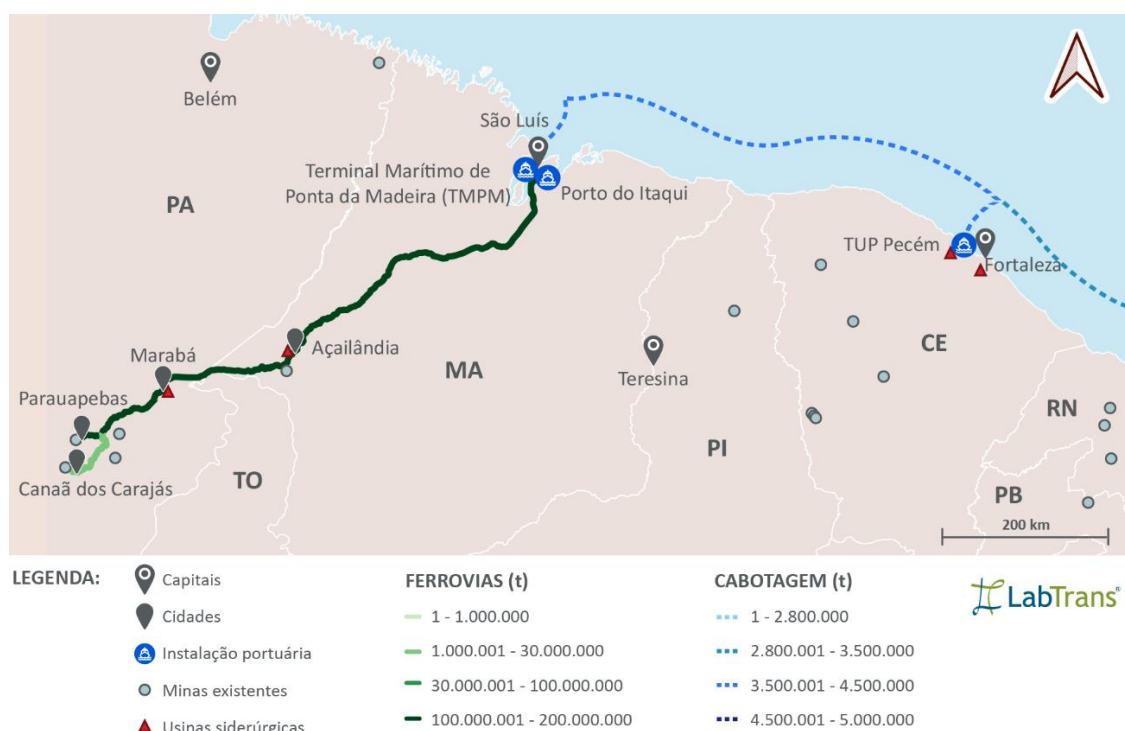
Figura 46 – Principais rotas de transporte e produção por estado do ferro



Fonte: IBGE ([2021]), ANM (2022) e DNIT (2022). Elaboração LabTrans/UFSC (2022)

A partir da Figura 46, percebe-se que, nas principais rotas, os modais ferroviário e hidroviário são utilizados para escoamento de minério de ferro no mercado interno e no comércio exterior. Esses percursos são ilustrados detalhadamente na Figura 47 para as regiões Norte e Nordeste, na Figura 48 para a Região Sudeste e na Figura 49 para a Região Centro-Oeste.

Figura 47 – Detalhes das rotas do ferro nas regiões Norte e Nordeste



Fonte: ANTT (2022a), IBGE ([2021]), ANM (2022), DNIT (2022), ANTAQ (2022) e Instituto Aço Brasil (2020).
Elaboração LabTrans/UFSC (2022)

Na Figura 47, observam-se, detalhadamente, a rota de transporte do minério de ferro das regiões Norte e Nordeste, bem como o volume transportado pelos modais ferroviário e hidroviário. As rotas identificadas têm como origem as minas da Vale localizadas no Pará e destino ao TMPM, no Maranhão, para exportação, e às usinas siderúrgicas do Ceará, do Espírito Santo e do Rio de Janeiro, via navegação de cabotagem.

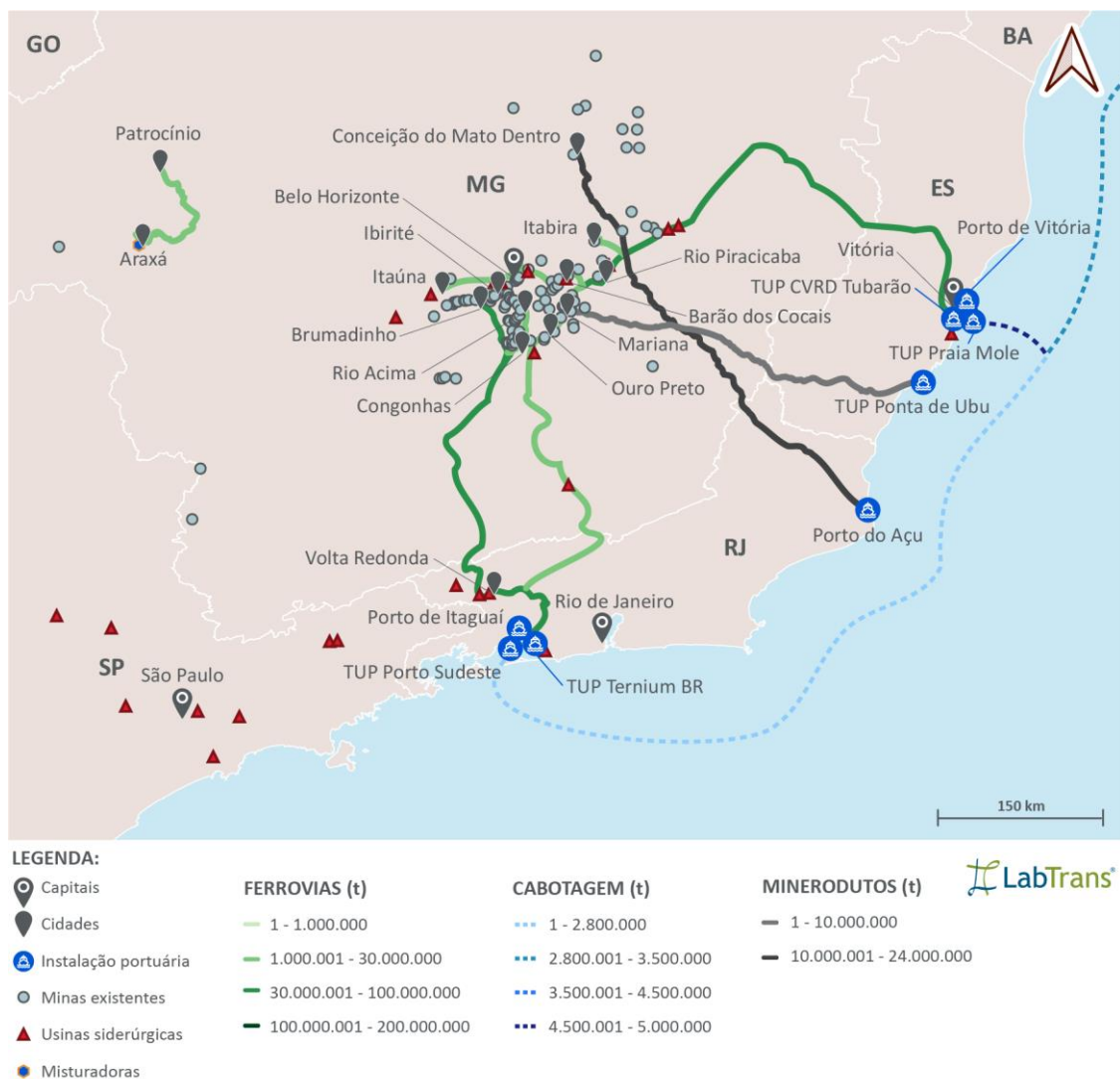
As origens e destinos das principais rotas da região são:

- Parauapebas (PA) > Itaqui (MA)
- Canaã dos Carajás (PA) > Itaqui (MA)
- São Luís (MA) > Pecém (CE)
- São Luís (MA) > Itaguaí (RJ)
- São Luís (MA) > Vitória (ES).

Destaca-se, ainda na Região Nordeste, a rota que está sendo realizada pela Bahia Mineração S.A. (BAMIN) em 2021/2022, a qual vai de Caetité (BA) até o Terminal de Uso Privado (TUP) Enseada, em Maragogipe (BA), utilizando os modais rodoviário e ferroviário e enfrentando alguns gargalos. Apesar de não ser uma rota relevante atualmente, devido à baixa movimentação na comparação com outros *players* do cenário do minério de ferro, a companhia pretende produzir 18

milhões de toneladas por ano futuramente, evidenciando a importância de infraestrutura adequada para o transporte de todo o minério a ser produzido. Para que isso aconteça, a finalização da Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL) e do Porto Sul, em Ilhéus (BA), torna-se essencial (BAMIN, 2021).

Figura 48 – Detalhes das rotas do ferro na Região Sudeste



A Figura 48 exibe as principais rotas de transporte do minério de ferro na Região Sudeste, as quais ocorrem pelo modal ferroviário, dutoviário e por cabotagem. Essas rotas identificadas conectam as minas de diversas empresas como Vale, Anglo American, Usiminas, CSN, Samarco⁴, em Minas Gerais, aos portos e às usinas siderúrgicas do Rio de Janeiro e do Espírito Santo, como a Ternium Brasil, a ArcelorMittal, a CSN e a Usiminas. Ademais, tem-se uma rota da Mosaic Fertilizantes que parte de Patrocínio (MG) até a misturadora da empresa em Araxá (MG).

⁴ Nota-se que no ano de 2020 a produção da Samarco ainda estava paralisada devido ao rompimento da barragem em Mariana (MG) em 2015, voltando a operar em 2021 (SAMARCO, 2020). Desse modo, mesmo não sendo mapeada no ano em análise, a rota foi considerada devido à sua representatividade.

As origens e os destinos das principais rotas da região são:

- Belo Horizonte (MG) > Vitória (ES)
- Belo Horizonte (MG) > Itaguaí (RJ)
- Belo Horizonte (MG) > Volta Redonda (RJ)
- Patrocínio (MG) > Araxá (MG)
- Vitória (ES) > Pecém (CE)
- Vitória (ES) > Itaguaí (RJ)
- Conceição do Mato Dentro (MG) > São João da Barra (RJ)
- Mariana (MG) > Anchieta (ES).

Figura 49 – Detalhes das rotas do ferro na Região Centro-Oeste



Na Figura 49, observa-se, detalhadamente, a rota de transporte do minério de ferro da Região Centro-Oeste, a qual ocorre pelos modais ferroviário e hidroviário. A rota identificada conecta as minas de Mato Grosso do Sul aos TUPs Granel Química e Gregório Curvo, percorrendo o território brasileiro até Porto Murtinho (MS) para exportação, a saber:

- Corumbá (MS) > Porto Murtinho (MS).

A seguir, são apresentadas as principais rotas de transporte do fosfato no Brasil.

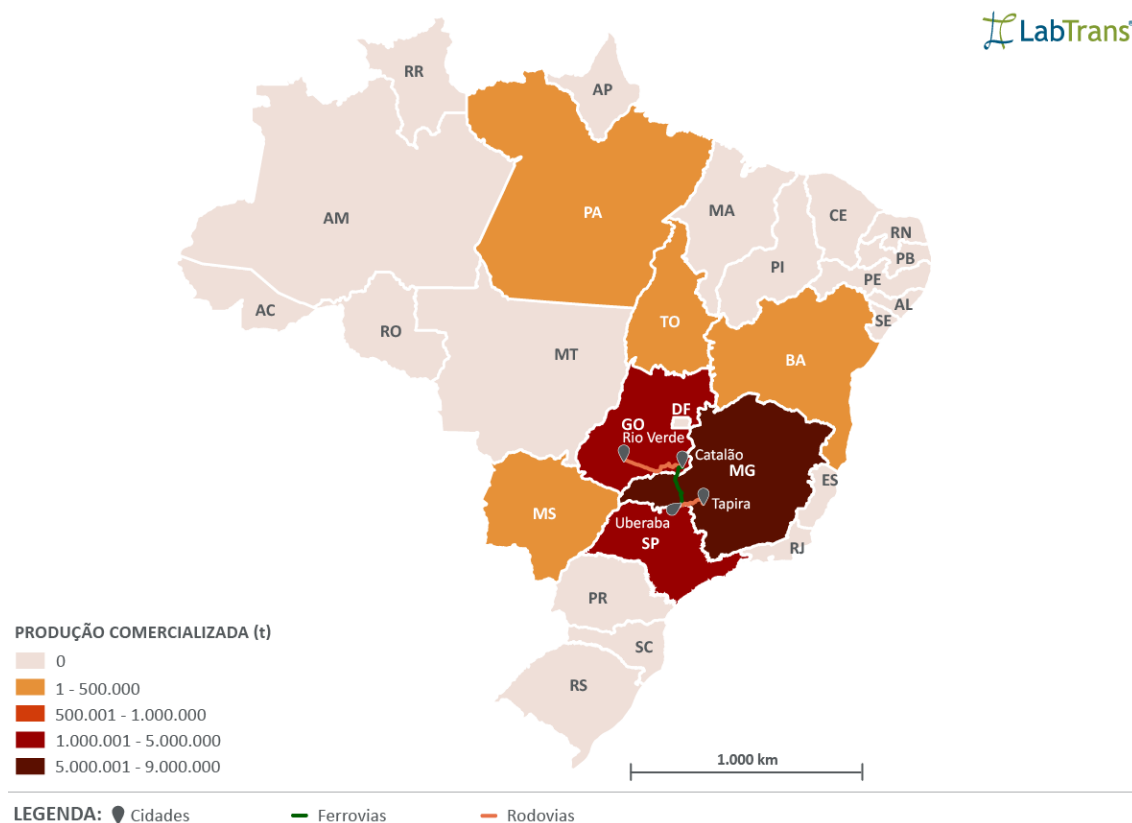
3.3.4 FOSFATO

Primeiramente foram identificados os principais pares origem e destino na Matriz O/D de importação do fosfato, sendo desconsiderados aqueles com destino a Minas Gerais, Goiás, Pará, Alagoas, Amazonas, Espírito Santo, Maranhão e Mato Grosso, em virtude de representarem 5% do valor total importado em 2020 (BRASIL, 2022c).

Em relação aos dados de estados produtores, não foram considerados: Tocantins, Mato Grosso do Sul, Pará, Bahia, os quais compuseram 3% da produção comercializada total (ANM, 2022). As rotas também foram determinadas a partir da avaliação da localização dos pontos de origem (mineradoras) e de destinos (misturadoras) dos fluxos, sendo mapeadas 59 minas e 166 misturadoras (ANM, 2022; AMA BRASIL, [202-]; ANDA, [202-]; MOSAIC FERTILIZANTES, c2022). Ademais, as análises levaram em consideração os dados ferroviários, hidroviários e de cabotagem disponíveis (ANTT, 2022a; ANTAQ, 2022).

A Figura 50 apresenta as principais rotas de transporte do fosfato e os estados produtores.

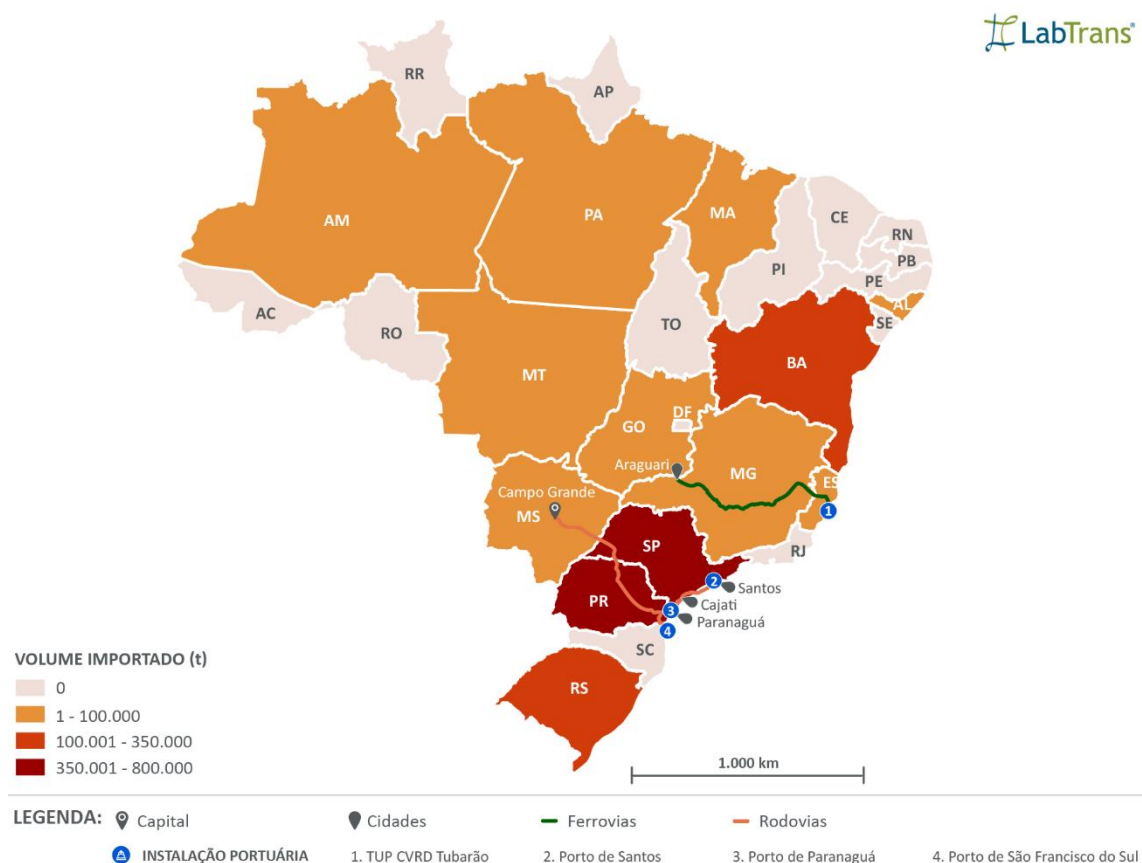
Figura 50 – Principais rotas de transporte e produção por estado do fosfato



Fonte: IBGE ([2021]), ANM (2022) e DNIT (2022). Elaboração LabTrans/UFSC (2022)

Com base na Figura 50, verifica-se que, nas principais rotas, os modais rodoviário e ferroviário são utilizados para escoamento da produção de fosfato no País. No que concerne às importações nos estados, tem-se, na Figura 51, a apresentação das rotas utilizadas prevalente.

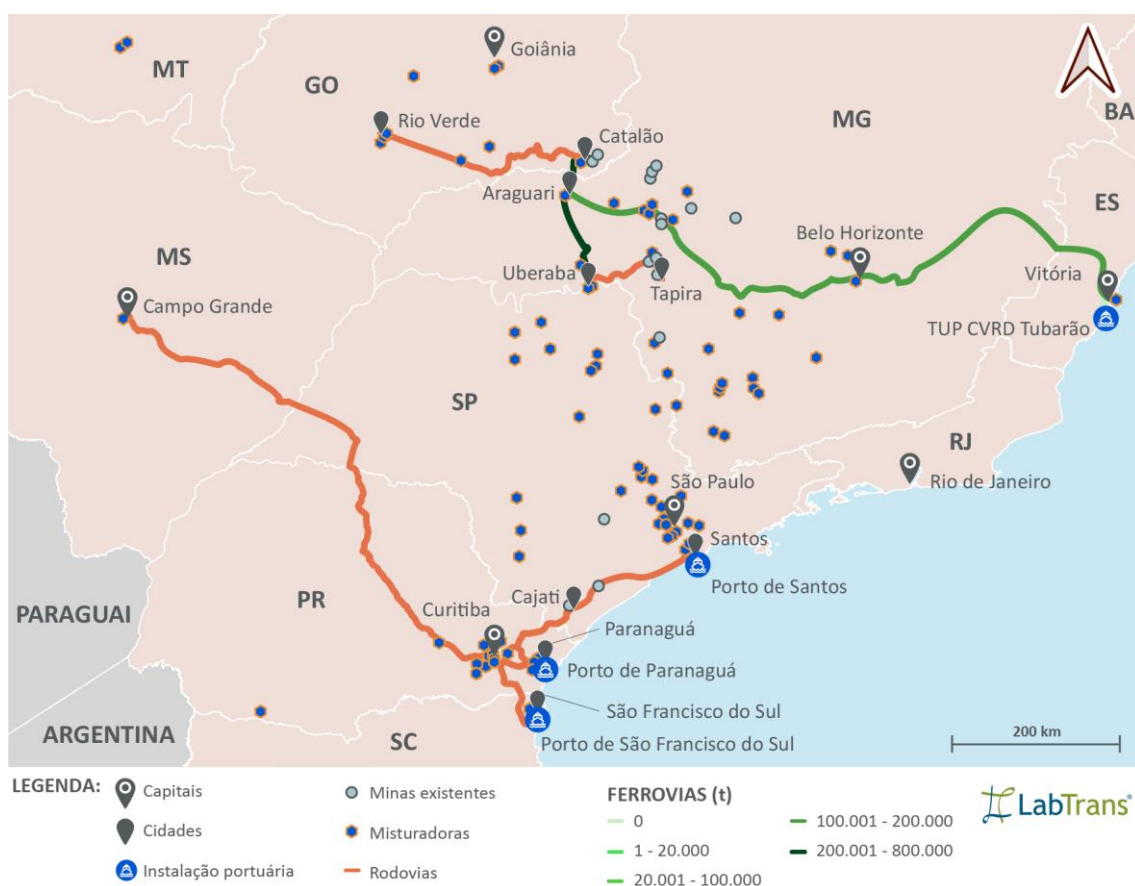
Figura 51 – Principais rotas de transporte e importação por estado do fosfato



Ressalta-se que, apesar de os estados da Bahia, do Paraná e do Rio Grande do Sul apresentarem volumes representativos de importação de fosfato, não foram identificadas rotas relevantes nesses entes federativos, devido ao fato de que as misturadoras estão localizadas próximo às instalações portuárias, caracterizando curtas distâncias.

A Figura 52, por sua vez, apresenta detalhadamente as rotas elencadas nas regiões Centro-Oeste e Sudeste.

Figura 52 – Detalhes das rotas do fosfato nas regiões Centro-Oeste e Sudeste



Nota-se que as rotas de transporte do fosfato nas regiões Centro-Oeste e Sudeste utilizam os modais ferroviário e rodoviário. Esses percursos têm como origem as minas localizadas em Minas Gerais, Goiás e São Paulo, assim como os portos importadores e, como destino, as misturadoras localizadas em Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo e Minas Gerais.

As origens e os destinos das principais rotas das regiões são:

- Tapira (MG) > Uberaba (MG)
- Catalão (GO) > Uberaba (MG)
- Catalão (GO) > Rio Verde (GO)
- Vitória (ES) > Araguari (MG)
- Santos (SP) > Cajati (SP)
- São Francisco do Sul (SC) > Cajati (SP)
- Paranaguá (PR) > Cajati (SP)
- Paranaguá (PR) > Campo Grande (MS).

A seguir, são apresentadas as principais rotas de transporte do manganês no Brasil.

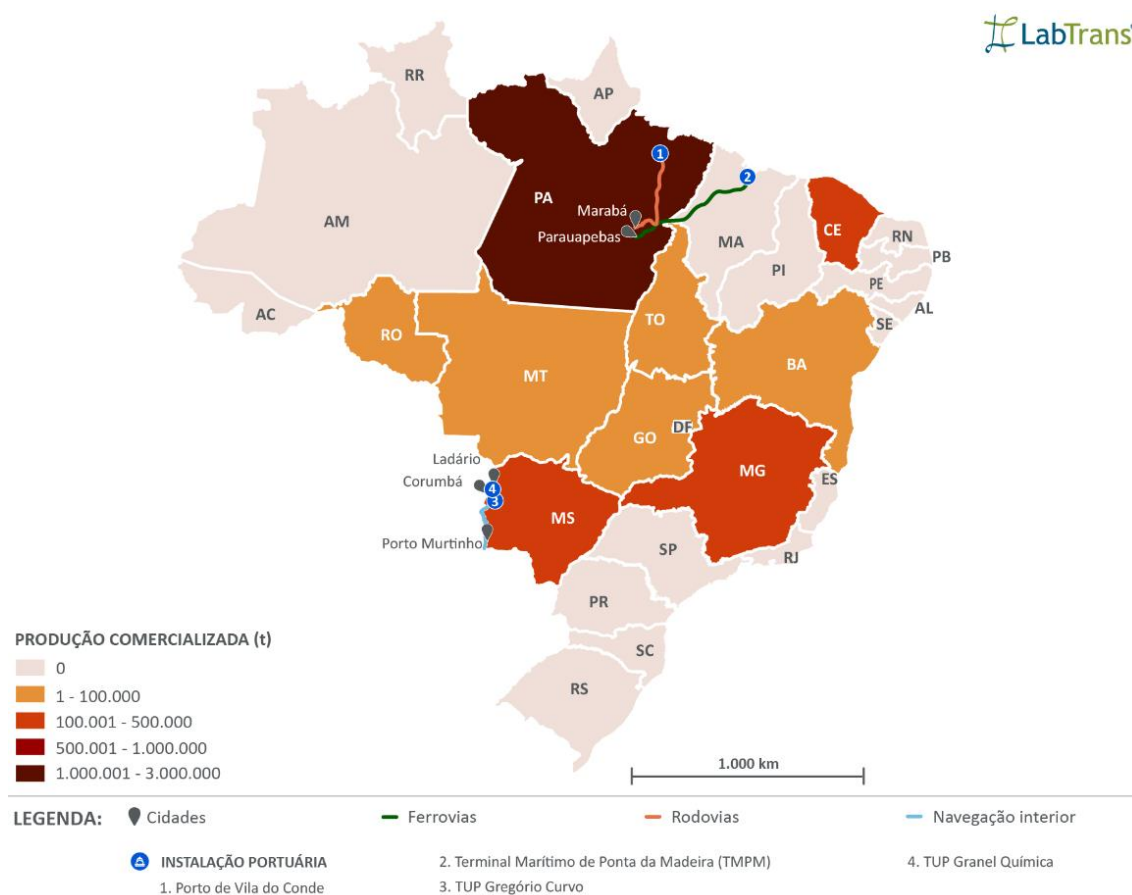
3.3.5 MANGANÊS

Primeiramente foram identificados os principais pares origem e destino na Matriz O/D de exportação do manganês, sendo desconsiderados aqueles com origem em Bahia, Minas Gerais, Mato Grosso, Tocantins, Rondônia, Amapá, Amazonas, Distrito Federal, Goiás, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo, em razão de representarem 9% do valor total exportado em 2020 (BRASIL, 2022c). Em relação aos dados de estados produtores, não foram considerados: Bahia, Goiás, Mato Grosso, Tocantins e Rondônia, os quais compuseram 4% da produção comercializada total (ANM, 2022).

As rotas também foram determinadas a partir da avaliação da localização dos pontos de origem (mineradoras) e de destinos internos (usinas siderúrgicas) dos fluxos, sendo mapeadas 91 minas e sete usinas siderúrgicas (ANM, 2022; ABRAFE, c2022). Além disso, as análises levaram em consideração os dados ferroviários, hidroviários e de cabotagem disponíveis (ANTT, 2022a; ANTAQ, 2022).

A Figura 53 apresenta as principais rotas de transporte do manganês e os estados produtores.

Figura 53 – Principais rotas de transporte e produção por estado do manganês



Fonte: IBGE ([2021]), ANM (2022) e DNIT (2022). Elaboração LabTrans/UFSC (2022)

Nota-se que, nas principais rotas, os modais rodoviário, ferroviário e hidroviário são utilizados para escoamento da substância, com foco no comércio exterior. No Ceará e em Minas Gerais, não foram identificadas rotas com impacto relevante na rede de transportes, pois os trajetos existentes com grandes volumes percorrem menos de 100 km entre as minas e as usinas ou o porto.

As especificidades dessas rotas são melhor ilustrados na Figura 54 para as regiões Norte e Nordeste e na Figura 55 para a Região Centro-Oeste.

Figura 54 – Detalhe das rotas do manganês nas regiões Norte e Nordeste



A partir da Figura 54, observam-se as rotas de transporte do manganês das regiões Norte e Nordeste, bem como o volume transportado no modal ferroviário. As rotas identificadas têm como origem as minas localizadas no Pará e com destino ao TMPM, no Maranhão, e ao Porto de Vila do Conde, no Pará, para exportação.

As origens e os destinos das principais rotas da região são:

- Marabá (PA) > Barcarena (PA)
- Parauapebas (PA) > Itaqui (MA).

Figura 55 – Detalhes das rotas do manganês na Região Centro-Oeste



A Figura 55 apresenta a rota de transporte do manganês na Região Centro-Oeste, a qual ocorre pelos modais ferroviário e hidroviário. O percurso identificado conecta a mina de Mato Grosso do Sul ao TUP Granel Química, em Ladário (MS), percorrendo o território brasileiro até Porto Murtinho (MS) para exportação, a saber:

- Corumbá (MS) > Porto Murtinho (MS).

A seguir, são apresentadas as principais rotas de transporte do potássio no Brasil.

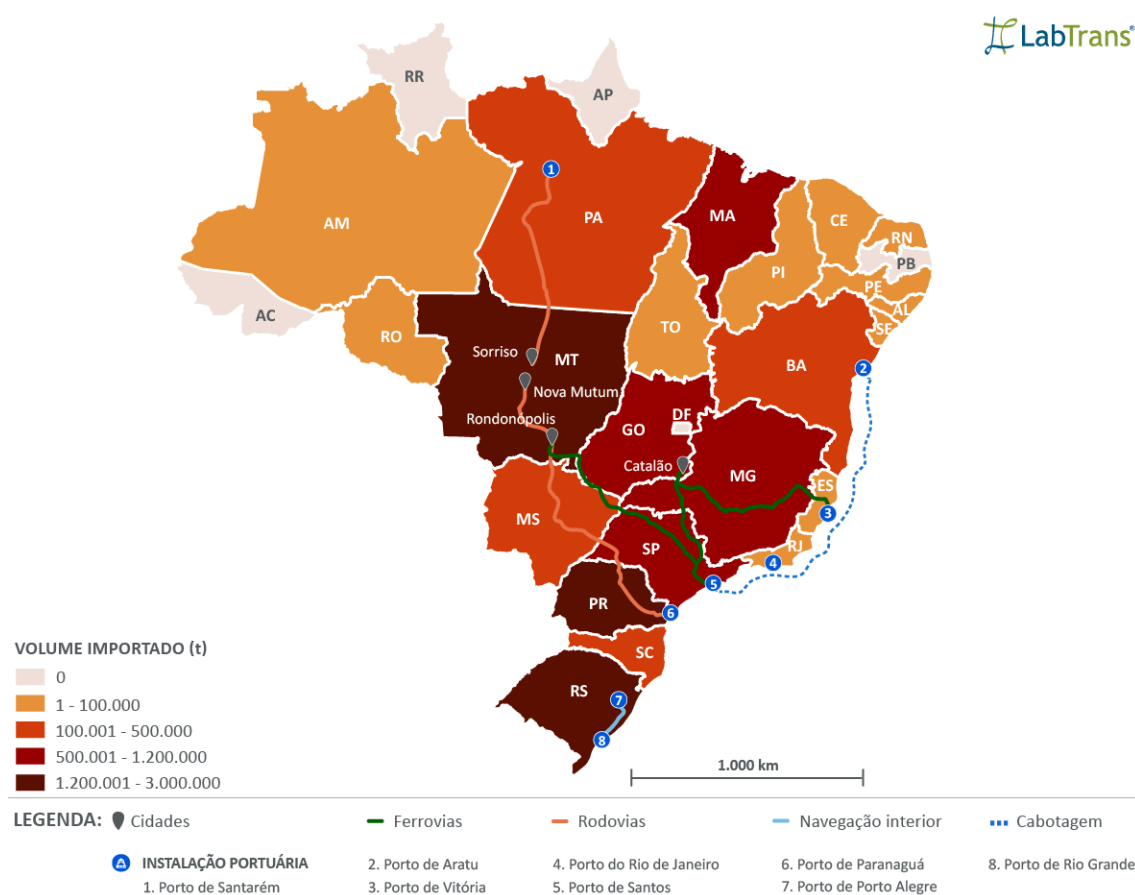
3.3.6 POTÁSSIO

Primeiramente foram identificados os principais pares de origem e destino na Matriz O/D de importação do potássio, sendo desconsiderados aqueles com destino a Sergipe, Alagoas, Amazonas, Ceará, Espírito Santo, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rondônia e Tocantins, em virtude de representarem 4% do valor total importado em 2020 (BRASIL, 2022c). Em relação aos estados produtores, Sergipe e Minas Gerais, não foram identificadas rotas

que impactam significativamente na rede de transportes nacional, pois as misturadoras estão localizadas nos mesmos municípios das minas (VERDE, 2022; SERGIPE, 2022).

As rotas também foram determinadas a partir da avaliação da localização dos pontos de origem (mineradoras) e de destinos (misturadoras) dos fluxos, sendo mapeadas 24 minas e 166 misturadoras (ANM, 2022; AMA BRASIL, [202-]; ANDA, [202-]; MOSAIC FERTILIZANTES, 2022). Além disso, as análises levaram em consideração os dados ferroviários, hidroviários e de cabotagem disponíveis (ANTT, 2022a; ANTAQ, 2022). Assim, a Figura 56 apresenta as principais rotas de transporte do potássio e os estados importadores.

Figura 56 – Principais rotas de transporte e importação por estado do potássio



Nota-se que, nas rotas mais relevantes, os modais rodoviário e ferroviário são os principais a serem utilizados para o transporte da substância. Além destes, há também os modais hidroviário e de cabotagem que contribuem para a distribuição do potássio no Brasil.

Os detalhamentos dessas rotas são ilustrados na Figura 57 para as regiões Norte e Centro-Oeste, na Figura 58 para as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Nordeste e na Figura 49 para a Região Sul.

Figura 57 – Detalhe das rotas do potássio nas regiões Norte e Centro-Oeste



Fonte: IBGE ([2021]), ANM (2022), DNIT (2022), AMA Brasil ([202-]), ANDA ([202-]) e Mosaic Fertilizantes (c2022).
Elaboração LabTrans/UFSC (2022)

Na Figura 57, observa-se, detalhadamente, a rota de transporte do potássio nas regiões Norte e Centro-Oeste, a qual utiliza o modal rodoviário. O percurso identificado tem como origem o Porto de Santarém e como destino as misturadoras localizadas no norte de Mato Grosso, por exemplo, as misturadoras da Mosaic, situadas na cidade de Sorriso, e a da Fertilizantes Tocantins S.A, localizada em Sinop.

Assim, a origem e o destino da principal rota da região são:

- Santarém (PA) > Sorriso (MT).

Figura 58 – Detalhe das rotas do potássio nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Nordeste



A Figura 58 exibe as rotas de transporte do potássio das regiões Centro-Oeste e Sudeste, as quais ocorrem pelo modal rodoviário, ferroviário e por cabotagem. Notam-se as importações pelos portos de Santos e Paranaguá e pelo TUP CVRD Tubarão, com destino às misturadoras dos estados de Minas Gerais e Mato Grosso, dentre as quais estão as empresas Mosaic, Heringer e Fertipar. Também há uma rota com origem em Catalão, Goiás, à misturadora em Cubatão (SP) e outra entre as unidades da companhia Dow em Aratu (BA) e Santos (SP).

- Paranaguá (PR) > Nova Mutum (MT)
- Santos (SP) > Rondonópolis (MT)
- Vitória (ES) > Araguari (MG)
- Catalão (GO) > Cubatão (SP)
- Aratu (BA) > Santos (SP).

Figura 59 – Detalhe da rota do potássio na Região Sul



Fonte: IBGE ([2021]), ANM (2022), DNIT (2022), ANTAQ (2022), AMA Brasil ([202-]) e ANDA ([202-]). Elaboração LabTrans/UFSC (2022)

Na Figura 59, verifica-se a rota de transporte do potássio da Região Sul, a qual ocorre pelo modal hidroviário. A rota identificada conecta o Porto de Rio Grande às misturadoras localizadas em Porto Alegre (RS), como a da Yara Fertilizantes, qual seja:

- Rio Grande (RS) > Porto Alegre (RS).

A seguir, é apresentada a avaliação de custos e de qualidade das principais rotas identificadas nesta seção.

3.4 AVALIAÇÃO DE CUSTOS E DE QUALIDADE

Os custos com transportes possuem grande representatividade na cadeia logística, pois envolvem todos os custos com fretes, do fornecedor para a empresa e da empresa para o cliente. A análise desses custos pode ser realizada isoladamente por modal (rodoviário, aéreo, ferroviário, cabotagem, hidroviário), transportador, canal ou produto (LIZBINSKI *et al.*, 2013).

De acordo com Faria e Costa (2012), a escolha do modo de transporte é influenciada pelos fatores custo, tempo de trânsito da origem ao destino, risco (envolvendo a integridade da carga) e frequência (regularidade do transporte). Em geral, o fator custo é o mais importante em termos econômicos e financeiros, no entanto os outros parâmetros também podem influenciar a definição do modo de transporte, visto que estão relacionados ao atendimento do nível de serviço exigido (LIZBINSKI *et al.*, 2013).

Coelho e Morales (2012) observam que os custos de transporte são associados às características do produto transportado, assim, quanto menor o valor agregado da mercadoria e maior o volume, mais elevada será a participação do custo pela distribuição na formação do custo total. No caso das *commodities* brasileiras, as quais estão dentro desse perfil de carga, isto afeta a sua competitividade.

Nesse sentido, uma racionalização dos custos preconiza o equilíbrio da matriz de transporte, com a disponibilidade de modais apropriados para a movimentação de grandes volumes em longas distâncias. Por isso, no transporte de produtos minerais de baixo valor agregado, os modais hidroviários e ferroviários podem ser considerados como os mais adequados para a realização do serviço devido à capacidade de deslocar grandes volumes consumindo pouco combustível, ou seja, capacidade de maior eficiência energética para longas distâncias. Uma redução no impacto ambiental, com a diminuição da emissão de gases poluentes, também seria possibilitada diante de uma racionalização do uso dos modais (BRASIL, 2018).

A transferência do modo rodoviário, quando possível, para os demais modos, reduziria os custos logísticos e aumentaria a competitividade desses produtos de baixo valor agregado. Para a identificação das rotas mais econômicas a serem consideradas no transporte dos minérios, é essencial a diferenciação das alternativas logísticas, considerando os custos de transportes (BRASIL, 2018).

Assim sendo, no presente item, foi realizada uma avaliação dos custos de transporte levando em consideração as distâncias percorridas e o modal utilizado para cada uma das rotas utilizadas de cada um dos minérios selecionados. Nessa avaliação, foi utilizado o Simulador de Custos de Transporte, que calcula os custos em relação aos diferentes modais de transporte considerando a distância percorrida por determinado produto e fornecendo o resultado em R\$/tonelada⁵. A ferramenta é disponibilizada pelo Observatório Nacional de Transporte e Logística (ONTL) da Empresa de Planejamento e Logística (EPL).

⁵ Visto que a ferramenta não dispõe de dados para minerodutos, foi considerado o valor de R\$ 5,00 por tonelada (US\$ 1/tonelada), utilizado por Coelho e Morales (2012).

No *site* da empresa também foram obtidos os valores de transbordo entre modais para graneis sólidos não agrícolas (GSNA) (BRASIL; EPL, 2020):

- Rodo-ferro: R\$ 2,46
- Hidro-ferro: R\$ 7,93
- Ferro-hidro: R\$ 5,74
- Ferro-ferro: R\$ 3,08.

Para as rotas realizadas pelo modal rodoviário, foi considerado na análise o custo com pedágios em concessões rodoviárias **federais** tendo como referência caminhões bitrem com seis eixos e capacidade de 38 toneladas⁶. Os valores em R\$/eixo foram obtidos por meio de veículos de notícias, assim como dos endereços eletrônicos das concessionárias.

Ademais, foi realizada uma análise da qualidade do transporte que levou em conta o tempo de serviço do transporte. Para o cálculo, foram consideradas as velocidades médias comerciais de cada modal, como apresentado na Tabela 19.

Tabela 19 – Velocidades médias por modal

MODAL	CONCESSIONÁRIA/HIDROVIA	VELOCIDADE MÉDIA COMERCIAL (KM/H)
Rodoviário	-	50
Ferroviário	EFC	31,75
	EFVM	23,08
	FCA	12,16
	FTL	9,27
	MRS	16,09
	RMO	11,35
	RMP	13,16
	RMS	14,07
Hidroviário	Hidrovia Paraguai-Paraná	15
	Hidrovia do Amazonas	25
Cabotagem	-	26
Mineroduto	-	6

Fonte: ANTT ([2020]) e Pompermayer, Campos Neto e Pepino de Paula (2014). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Assim, as análises de custos e de qualidade do transporte de cada um dos seis minérios são apresentadas nos itens a seguir.

⁶ Buscou-se identificar um caminhão-padrão para o transporte de minério, considerando as diversas infraestruturas rodoviárias e os diferentes minérios analisados, assim, utilizaram-se as informações de Carreta (2022).

ALUMÍNIO (BAUXITA)

Com relação ao transporte do alumínio (bauxita), foram identificadas 11 rotas principais para o escoamento e a distribuição do minério, e os custos e os tempos de cada uma delas estão dispostos na Tabela 20.

Tabela 20 – Análise de custos e de qualidade das rotas do alumínio (bauxita)

Nº	ROTA (ORIGEM – DESTINO)	MODAL	DISTÂNCIA (KM)	CUSTO (R\$/T)	TEMPO (H)
1	Juruti (PA)-Barcarena (PA)	Ferroviário-Hidroviário	985	42	38,37
2	Oriximiná (PA)-Barcarena (PA)	Ferroviário-Cabotagem	1.193	53,13	45,29
3	Juruti (PA)-Macapá (AP) ⁷	Ferroviário- Hidroviário	234	34,22	8,05
4	Oriximiná (PA)-Macapá (AP) ⁸	Ferroviário- Hidroviário	178	33,09	6,25
5	Juruti (PA)-São Luís (MA)	Ferroviário-Cabotagem	1.687	62,91	63,94
6	Oriximiná (PA)-São Luís (MA)	Ferroviário-Cabotagem	1.642	61,99	62,56
7	Paragominas (PA)-Barcarena (PA)	Mineroduto	244	5,00	34,86
8	Barro Alto (GO)-Alumínio (SP)	Rodoviário-Ferroviário	1.370	100,45	99,24
9	Poços de Caldas (MG)-Alumínio (SP)	Ferroviário	280	17,80	23,01
10	Cataguases (MG)-Alumínio (SP)	Rodoviário-Ferroviário	835	81,02	45,34

Fonte: ANTT ([2020], [20--]), Coelho e Morales (2012), ONTL ([20--]) e Hydro (2020). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Por meio da Tabela 20, verifica-se que, na rota Barro Alto (GO)-Alumínio (SP), caso o transporte fosse realizado integralmente pelo modal ferroviário, utilizando as malhas da RMC, da FNSTN e da EFC até o Porto de Itaqui (MA), o custo de frete seria de R\$ 50,03 por tonelada (50% menor). Ressalta-se que, nesse trecho, 21.808 caminhões deixariam de trafegar nas rodovias por ano, gerando menor impacto nas estradas e no meio ambiente. Já na rota Cataguases (MG)-Alumínio (SP), nota-se que o custo de transporte por ferrovia seria de R\$ 29,47 por tonelada transportada (64% menor).

Destaca-se, ainda, que o transporte de alumínio (bauxita) pelo trecho rodoviário da rota Cataguases (MG)-Alumínio (SP) costumava ser realizado pelo modal ferroviário, porém o trecho foi desativado pela FCA (ANTT, 2022c).

Quanto aos tempos de transporte nas rotas 8 e 10, quando considerada a transferência para o modal ferroviário, estes seriam maiores do que os tempos rodoviários: Barro Alto (GO)-Alumínio (SP) = 58,63 horas⁸ por ferrovia ante 99,24 horas por rodovia e ferrovia; e Cataguases (MG)-Alumínio (SP) = 53,01 horas⁹ pelo modal ferroviário perante 45,34 horas de transporte rodoviário.

⁷ Vale ressaltar que a exportação ocorre em Santarém (PA) e, portanto, o custo de transporte foi considerado até este ponto da rota.

⁸ Considerando a velocidade comercial média da EFC.

⁹ Considerando a velocidade comercial média da MRS.

COBRE

Para o transporte do minério de cobre, foram identificadas quatro rotas principais em seu escoamento e sua distribuição, sendo que os custos e os tempos de cada uma delas estão dispostos na Tabela 21.

Tabela 21 – Análise de custos e qualidade das rotas do cobre

Nº	ROTA (ORIGEM – DESTINO)	MODAL	DISTÂNCIA (KM)	CUSTO (R\$/T)	TEMPO (H)
1	Parauapebas (PA)-Itaqui (MA)	Ferroviário	861	29,64	26,90
2	Jaguarari (BA)-Aracaju (SE)	Rodoviário	479	130,38	9,58
3	Jaguarari (BA)-Dias d'Ávila (BA)	Rodoviário	396	110,15	7,92
4	Alto Horizonte (GO)-Vitória (ES)	Rodoviário	1.564	402,18	31,28

Fonte: ANTT ([2020], [20--]), Coelho e Morales (2012), ONTL ([20--]) e Via 040 ([20--]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Buscando racionalizar os custos de transporte das rotas do cobre, nota-se que três delas poderiam ser substituídas pelo modal ferroviário. A maior rota, entre Alto Horizonte (GO) e Vitória (ES), custaria R\$ 47,87 por tonelada, caso fosse realizada por ferrovias (utilizando as malhas da RMC, FNSTN e EFC), uma redução de 88% em relação ao modal rodoviário. Já as rotas com origem em Jaguarari (BA) e destino em Aracaju (SE) e Dias d'Ávila (BA), passariam a custar, respectivamente, R\$ 25,36 e R\$ 20,51 por cada tonelada transportada, usando a malha da FCA. Esses valores seriam 81% menores que o custo rodoviário dos percursos atuais. Vale destacar que, na Bahia, a malha da FCA não está sendo utilizada e, há anos, não recebe os investimentos necessários à sua manutenção (AVENA, 2022).

Com relação ao tempo de transporte, a transferência para a ferrovia acarretaria em períodos maiores para a realização do serviço. Na rota Alto Horizonte (GO)-Vitória (ES), por exemplo, o tempo seria de 55,29 horas¹⁰ ante as 31,28 horas do transporte rodoviário. No entanto, 6.049 caminhões deixariam de trafegar nas rodovias brasileiras anualmente.

¹⁰ Considerando a velocidade comercial média da EFC.

FERRO

Com relação ao transporte do minério de ferro, foram identificadas 15 rotas principais, desse modo, os custos e os tempos de cada uma delas estão dispostas na Tabela 22.

Tabela 22 – Análise de custos e qualidade das rotas do ferro

Nº	ROTA (ORIGEM – DESTINO)	MODAL	DISTÂNCIA (KM)	CUSTO (R\$/T)	TEMPO (H)
1	Corumbá (MS)-Porto Murtinho (MS) ¹¹	Ferroviário-Hidroviário	46	13,04	4,09
2	Corumbá (MS)-Porto Murtinho (MS) ¹³	Ferroviário-Hidroviário	27	12,65	2,39
3	Canaã dos Carajás (PA)-São Luís (MA)	Ferroviário	946	31,38	29,81
4	Parauapebas (PA)-São Luís (MA)	Ferroviário	891	30,25	28,06
5	São Luís (MA)-Pecém (CE)	Cabotagem	663	24,82	26,52
6	São Luís (MA)-Itaguaí (RJ)	Cabotagem	3.681	84,41	147,25
7	São Luís (MA)-Vitória (BA)	Cabotagem	2.171	54,59	86,83
8	Vitória (BA)-Pecém (CE)	Cabotagem	1.413	39,62	56,50
9	Vitória (BA)-Itaguaí (RJ)	Cabotagem	1.873	48,71	74,93
10	Belo Horizonte (MG)-Vitória (ES)	Ferroviário	671	25,77	29,07
11	Belo Horizonte (MG)-Itaguaí (RJ)	Ferroviário	551	23,33	34,24
12	Belo Horizonte (MG)-Volta Redonda (RJ)	Ferroviário	406	20,37	25,23
13	Patrocínio (MG)-Araxá (MG)	Ferroviário	194	16,04	15,92
14	Conceição do Mato Dentro (MG)-São João da Barra (RJ)	Mineroduto	529	5,00	88,17
15	Mariana (MG)-Anchieta (ES)	Mineroduto	400	5,00	66,67

Fonte: ANTT ([2020], [20--]), Coelho e Morales (2012), Anglo American (2014), ONTL ([20--]), Samarco ([20--]) e Pompermayer, Campos Neto e Pepino de Paula (2014). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Nota-se que, no transporte do minério de ferro, as principais rotas são realizadas pelos modais mais adequados à movimentação desse tipo de produto: mineroduto, cabotagem, hidrovia e ferrovia, possibilitando custos de transporte menores.

No entanto, considerando o gargalo de estiagem enfrentado na hidrovia Paraguai-Paraná, em Mato Grosso do Sul, que afeta o transporte contínuo do minério pelo modal na região e gera a necessidade de transporte por caminhão até São Paulo (com um custo de R\$ 374,37/t e levando 29,6 horas¹²), estimou-se, alternativamente, o custo de escoamento da substância realizado integralmente pelo modal ferroviário até o Porto de Santos (pelas linhas da RMO, RMP e MRS). Assim, a rota Corumbá (MS)-Santos (SP) teria um custo de transporte, por ferrovia, de R\$ 47,99 por tonelada, 87% menor do que pelo rodoviário (Corumbá-Santos).

¹¹ Visto que a exportação ocorre nos TUPs Granel Química e Gregório Curvo, os custos de transporte foram mensurados até esses pontos das rotas.

¹² Considerando uma distância aproximada da rota de 1.480 km.

O tempo de transporte ferroviário até o Porto de Santos seria maior que o rodoviário, totalizando 155,18 horas¹³ de viagem – ante 29,6 horas por rodovias –, todavia, deve-se considerar, além dos custos menores, uma redução relevante no impacto ambiental e na infraestrutura das estradas, visto que cerca de 51 mil caminhões deixariam de transitar pelas rodovias por ano.

Ademais, nota-se que essa rota alternativa, Corumbá-Santos, já possui uma conexão ferroviária, no entanto a linha da Malha Oeste não é utilizada há pelo menos dez anos. O governo estadual tem buscado a reativação da malha considerando a sua grande relevância para a economia estadual, principalmente ao viabilizar os empreendimentos de exploração mineral (CÉSAR, 2022).

FOSFATO

Quanto ao transporte do fosfato, foram identificadas oito rotas principais, e os custos e os tempos de cada uma delas estão dispostos na Tabela 23.

Tabela 23 – Análise de custos e qualidade das rotas do fosfato

Nº	ROTA (ORIGEM – DESTINO)	MODAL	DISTÂNCIA (KM)	CUSTO (R\$/T)	TEMPO (H)
1	Tapira (MG)-Uberaba (MG)	Rodoviário	172	56,88	3,44
2	Catalão (GO)-Uberaba (MG)	Ferrovário	303	18,27	24,92
3	Catalão (GO)-Rio Verde (GO)	Rodoviário	408	113,07	8,16
4	Vitória (ES)-Araguari (MG)	Ferrovário	1.406	40,75	81,94
5	Santos (SP)-Cajati (SP)	Rodoviário	238	73,38	4,76
6	São Francisco do Sul (SC)-Cajati (SP)	Rodoviário	336	96,75	6,72
7	Paranaguá (PR)-Cajati (SP)	Rodoviário	206	64,41	4,12
8	Paranaguá (PR)-Campo Grande (MS)	Rodoviário	1.075	275,65	21,50

Fonte: ANTT ([2020], [20--], [202-]), Coelho e Morales (2012), ONTL ([20--]), Pelegi (2022) e Triunfo Concebra (2022).

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Percebe-se, pela Tabela 23, que a grande maioria das rotas principais do fosfato ocorrem pelo modal rodoviário. Na rota entre Paranaguá (PR)-Campo Grande (MS), por exemplo, uma significativa racionalização dos custos de transporte seria obtida com o uso de ferrovias, visto que, utilizando este modal, o custo seria de R\$ 34,00 por tonelada, uma diminuição de 88% em relação ao rodoviário. Na rota Catalão (GO)-Rio Verde (GO), a redução dos custos de transporte seria de 82% com a transferência do modal rodoviário para o ferroviário, sendo R\$ 20,41 por cada tonelada transportada. Nesses casos, considerou-se a distância rodoviária entre a origem e o destino.

¹³ Considerando a velocidade comercial média da RMO.

Com relação ao tempo de transporte, nota-se que haveria um aumento se as rotas passassem a ser totalmente ferroviárias. Como exemplo destacam-se as rotas 3 e 8, que levariam, respectivamente, 33,55 horas¹⁴ e 76,40 horas¹⁵ entre a origem e o destino. Ressalta-se que no percurso Paranaguá (PR)-Campo Grande (MS) 1.574 caminhões deixariam de trafegar pelas estradas anualmente.

Destaca-se, ainda, que, em algumas dessas rotas, há infraestrutura ferroviária, porém são pouco utilizadas ou estão desativadas, como a linha entre Santos (SP) e Cajati (SP), da RMP, que há pelo menos 19 anos não realiza o transporte de cargas (LOBO, 2021).

MANGANÊS

Com relação ao transporte do manganês, foram identificadas três rotas principais, desse modo, os custos e os tempos de cada uma delas estão dispostos na Tabela 24.

Tabela 24 – Análise de custos e qualidade das rotas do manganês

Nº	ROTA (ORIGEM – DESTINO)	MODAL	DISTÂNCIA (KM)	CUSTO (R\$/T)	TEMPO (H)
1	Marabá (PA)-Barcarena (PA)	Rodoviário	482	131,11	9,64
2	Parauapebas (PA)-Itaqui (MA)	Ferroviário	899	30,42	28,31
3	Corumbá (MS)-Porto Murtinho (MS)	Ferroviário-Hidroviário	27	12,65	2,39

Fonte: ANTT ([2020], [20--]), Coelho e Morales (2012) e ONTL ([20--]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Uma das principais rotas de transporte do manganês, Marabá (PA)-Barcarena (PA), é realizada atualmente por rodovias. Considerando, então, uma racionalização dos custos de transporte nessa rota, calculou-se que o escoamento do minério pelo modal ferroviário custaria R\$ 21,92 por tonelada, uma redução de 83% comparando-se com o rodoviário. Nesse caso, visto que não há infraestrutura ferroviária existente, considerou-se a distância rodoviária entre a origem e o destino. Além disso, nota-se que 1.735 caminhões deixariam de transitar pelas estradas por ano. No que se refere ao tempo do transporte, este passaria a ser realizado em 15,18 horas¹⁶ na ferrovia.

Na terceira rota apresentada na Tabela 24, verifica-se situação semelhante à descrita no transporte do minério de ferro, em que gargalos hidroviários geram a necessidade de transferência para o modal rodoviário, porém a alternativa ferroviária traria redução nos custos de transporte, bem como menor impacto ambiental.

¹⁴ Considerando a velocidade comercial média da FCA.

¹⁵ Considerando a velocidade comercial média da RMS.

¹⁶ Considerando a velocidade média comercial da EFC.

POTÁSSIO

Para o transporte potássio, foram identificadas sete rotas principais em seu escoamento e distribuição, e os custos e os tempos de cada uma delas estão dispostos na Tabela 25.

Tabela 25 – Análise de custos e qualidade das rotas do potássio

Nº	ROTA (ORIGEM – DESTINO)	MODAL	DISTÂNCIA (KM)	CUSTO (R\$/T)	TEMPO (H)
1	Santarém (PA)-Sorriso (MT)	Rodoviário	1.374	349,25	27,48
2	Paranaguá (PR)-Nova Mutum (MT)	Rodoviário	2.010	508,53	40,20
3	Vitória (ES)-Araguari (MG)	Ferroviário	1.409	40,80	82,14
4	Catalão (GO)-Cubatão (SP)	Ferroviário	1.022	32,92	81,83
5	Santos (SP)-Rondonópolis (MT)	Ferroviário	1.647	45,66	126,23
6	Aratu (BA) — Santos (SP)	Cabotagem	1.877	48,80	72,21
7	Rio Grande (RS) — Porto Alegre (RS)	Hidroviário	300	10,04	12

Fonte: ANTT ([2020], [20--], 2021), Coelho e Morales (2012) e ONTL ([20--]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Entre as principais rotas do potássio, verifica-se que duas delas são realizadas pelo modal rodoviário, havendo alto custo de transporte desse minério. Assim, se considerado o modal ferroviário como alternativa, o custo de frete na rota Paranaguá (PR)-Nova Mutum (MT) seria de R\$ 53,06 por tonelada, um valor 90% inferior ao custo rodoviário. Do mesmo modo, uma racionalização do custo de transporte pode ser observada na rota Santarém (PA)-Sorriso (MT), em que o custo por ferrovia seria de R\$ 40,10 por cada tonelada transportada – 89% menor que pelo modal rodoviário. Nesses casos, visto que não há infraestrutura ferroviária existente, considerou-se a distância rodoviária entre a origem e o destino.

Com relação ao tempo de transporte, nota-se que a Rota 1 seria realizada em 43,28 horas¹⁷ por ferrovia, enquanto a Rota 2 levaria 142,86 horas¹⁸ para chegar ao destino, tempos superiores aos estimados para o modal rodoviário. Destaca-se, ainda, que 10.892 caminhões deixariam de circular nas rodovias com a transferência de modal no transporte entre Santarém (PA)-Sorriso (MT), enquanto entre Paranaguá (PR)-Nova Mutum (MT) seriam 15.847 caminhões/ano a menos.

3.4.1 COMPARATIVO INTERNACIONAL

A fim de analisar a eficiência do transporte brasileiro de minérios, buscaram-se dados comparativos no âmbito internacional. A pesquisa foi realizada em alguns países com produção mineral relevante, no entanto foram encontradas informações sobre custos de transporte

¹⁷ Considerando a velocidade média comercial da FMS.

¹⁸ Considerando a velocidade média comercial da RMS.

apenas na Austrália. Vale observar que o país é o maior produtor mundial de minério de ferro, além de figurar como ator proeminente na produção de alumínio (bauxita), de cobre, de manganês, entre outros minerais (USGS, 2020).

Desse modo, a ferramenta australiana Painel de Transporte e Logística da Cadeia de Suprimentos (do inglês – *Supply Chain Transport and Logistics Dashboard*), disponibilizada pelo Departamento da Infraestrutura, Transporte, Desenvolvimento Regional, Comunicação e das Artes (do inglês – *Department of Infrastructure, Transport, Regional Development, Communications and the Arts*), reúne diversas informações acerca do transporte de bens dentro do seu território. Foram identificados, então, os custos de transporte relativos ao minério de ferro nos modais ferroviário e rodoviário no país, os quais são apresentados na Tabela 26.

Tabela 26 – Custos de transporte de minério de ferro na Austrália¹⁹

MODAL	TONELADAS (10 ³)	DISTÂNCIA MÉDIA (KM)	CUSTO (US\$/T)	CUSTO (US\$/TKU)
Ferroviário	645.600	345	8,06	0,023
Rodoviário	11.950	194	25,66	0,132

Fonte: Australia (2022). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Observa-se que, para o transporte do minério de ferro, há uma vantagem de custo na utilização do modal ferroviário (US\$ 8,06 por tonelada) em comparação com o rodoviário (US\$ 25,66 por tonelada), uma diferença de 69%. Vale destacar o estudo realizado pela Australian Rail Track Corporation (ARTC), o qual concluiu que, na média de todos os corredores analisados, o transporte ferroviário de mercadorias é 20% mais barato do que o rodoviário na Austrália (ARTC, 2008).

Para estabelecer um paralelo com os custos praticados no Brasil no modal ferroviário, recorre-se novamente ao Simulador de Custos de Transporte, disponibilizado pelo ONTL da EPL. Cabe ressaltar que, diferentemente da ferramenta australiana, o simulador brasileiro não apresenta os custos por produto, sendo utilizado, então, o grupo GSNA.

Assim, a Tabela 27 relaciona os custos praticados no transporte ferroviário australiano e brasileiro, além de evidenciar o percentual correspondente ao custo de transporte incorporado no valor do produto. Os valores apresentados acerca dos dois países foram convertidos para dólares estadunidenses utilizando-se a taxa de câmbio nominal e não a Paridade do Poder de Compra (PPC), visto que o minério de ferro é considerado um produto comerciável (*tradable*).

¹⁹ Os valores da ferramenta são fornecidos em dólares australianos (AUD), contudo foram convertidos para dólares estadunidenses (US\$) utilizando a cotação média do mês de agosto de 2022 (AUD 1 = US\$ 0,70) (WSJ, 2022a).

Tabela 27 – Comparativo entre custos de transporte por ferrovia – Brasil (GSNA) e Austrália (ferro)²⁰

PAÍS	DISTÂNCIA MÉDIA (KM) ²¹	CUSTO (US\$/TKU)	CUSTO (US\$/T)	COTAÇÃO DA COMMODITY (US\$/T) EM 8/2022	% DO CUSTO DE TRANSPORTE NO VALOR DO PRODUTO (T)
Austrália	345	0,023	8,06	108,85	7,40%
Brasil	438	0,009	3,99		3,66%

Fonte: ANTT (2022d), ONTL ([20--]), Australia (2022) e IndexMundi (2022). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Nota-se que as rotas de transporte ferroviárias de minério de ferro no Brasil percorrem uma distância média maior e possuem custo de transporte, em US\$/TKU, menor que os valores verificados na Austrália, evidenciando a eficiência do transporte do produto por ferrovias no Brasil, obtida por meio de economias de distância²². Além disso, observa-se que, consequentemente, a proporção do custo de transporte interno no valor do produto é mais baixa no Brasil, proporcionando competitividade ao minério brasileiro no mercado internacional, visto que o principal consumidor, a China, está localizado mais distante do Brasil e mais próximo do maior concorrente, que é a Austrália.

3.5 GARGALOS DE INFRAESTRUTURA

No último item da Meta 1.2 do *Plano de Trabalho*, são identificados os principais gargalos para o setor mineral no âmbito do transporte e da logística. Nesse sentido, tal levantamento foi realizado por meio da análise dos dados anteriormente coletados, entre eles: a produção mineral, a rede de infraestrutura disponível, bem como as contribuições obtidas nas entrevistas com os *players* do setor.

O setor mineral, em geral, é caracterizado pelo transporte de grandes volumes de produtos, por vezes *commodities*, por distâncias elevadas e com destino à exportação. Nesse contexto, a eficiência logística torna-se essencial na viabilização de investimentos, sobretudo no Brasil, haja vista as dimensões continentais do País e o evidente desequilíbrio da matriz de transportes nacional.

Atualmente, a matriz de transporte brasileira encontra-se em desequilíbrio. Os investimentos da União (considerando o total pago acumulado em 2022 até julho) no setor rodoviário correspondem a 73% do total dispendido, ao passo que 21,2% foram destinados ao

²⁰ Os valores de custo do Brasil foram convertidos em dólares estadunidenses (US\$) utilizando os valores médios do mês de agosto de 2022 (R\$ 1 = US\$ 0,19) (WSJ, 2022b).

²¹ Considerada a distância média de transporte do minério de ferro em ambos os países.

²² A economia de distância tem como característica a diminuição do custo de transporte por unidade de distância, à medida que esta aumenta. Assim, distâncias mais longas permitem que a despesa fixa seja distribuída por mais quilômetros, resultando em valores menores por quilômetro (CHOPRA; MEINDL, 2003).

setor aéreo, 3,7% ao modal ferroviário e 2,1% ao modal aquaviário (CNT, 2022). No âmbito do transporte de cargas, o modal rodoviário é responsável por 64,86% das toneladas por quilômetro útil (TKU) transportadas no País, enquanto que o modal ferroviário corresponde a 14,95% do total, e cabotagem e hidrovias somam 15,72% da carga total transportada (CNT, 2022).

Em 2017, em pesquisa realizada pela Fundação Dom Cabral (FDC, 2018), foram analisadas 130 empresas, que juntas, representavam, na época, 15,4% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. Aproximadamente 8% dessas estavam inseridas no setor mineral. Ao analisar-se o custo logístico dessas companhias sobre o faturamento bruto, observou-se que, para o setor de mineração, esses custos representavam 26,1% do faturamento bruto da empresa. Dentro dos custos logísticos, 40,1% do total é ocupado pelos transportes de longa distância.

A seguir, são apresentados os principais gargalos de infraestrutura observados nos modais de transporte e nos seus sistemas integrados.

I. Ferrovias

Nota-se que a defasagem da malha ferroviária brasileira constitui uma pauta relevante de discursos e medidas das entidades públicas e de agentes privados preocupados com o desenvolvimento econômico promovido pela expansão da infraestrutura de transportes disponível. Frequentemente, diagnósticos promovidos por estudos no setor reatestam essa ideia, apontando que o estado atual das ferrovias brasileiras age como fator limitante à logística nacional de forma geral, incluindo-se, também, o mercado mineral, em virtude da alta representatividade na cadeia de exportação por meio do modal, predominantemente pelo transporte de minério de ferro. Nesse contexto, cabe lembrar o papel da ferrovia como modal terrestre mais adequado ao transporte de cargas pesadas e de baixo valor agregado (BRASIL, 2016, 2020; ANTT, [2022]; ANTF, c2022; SISTEMA FIEP, 2019; FIESC, 2022; FIESP, 2022).

Além da baixa densidade ferroviária brasileira – 3,76 km/1.000 km² (CNT, 2022; IBGE, 2022b) – e da necessidade da expansão planejada da malha nacional, destacam-se alguns empecilhos decorrentes da situação atual da infraestrutura do modal, tais como conflitos urbanos, acidentes e baixa velocidade operacional. Ademais, incompatibilidades relacionadas à desuniformidade de bitolas entre traçados dificultam uma maior integração no sistema de maneira geral. No âmbito econômico-operacional, também são observados entraves, especialmente nas questões relacionadas ao compartilhamento de infraestrutura entre operadores. Ressalta-se que o investimento público federal em ferrovias, no ano de 2020, foi de R\$ 364,10 milhões, um valor 36,9% menor em relação a 2019. Visto que, desse montante, R\$ 300,83 milhões foram investidos na FIOL (CNT, 2021c).

Conflitos urbanos, falhas decorrentes na sinalização, acidentes, incidentes, interrupções de tráfego e limitações na velocidade operacional são gargalos observados no setor. De acordo com a ANTT (CASTORINO, 2014), no relatório intitulado *Proposições para Solução de Conflitos Ferroviários Urbanos*, o envolvimento da ferrovia com a dinâmica territorial de áreas urbanizadas são empecilhos do modal e acontecem principalmente em passagens em nível (PNs), além disso, esses cruzamentos provocam reduções de velocidade em determinados trechos. Assim, o tempo de percurso e o desempenho operacional são afetados (BRASIL, 2018). O aumento da urbanização, impulsionada pelo transporte rodoviário, levou a ferrovia a assumir papel conflituoso em meio às cidades (CASTORINO, 2014).

Acidentes ferroviários e suas consequências constituem um desafio para o setor, visto que entre 2011 e 2019, registraram-se, em média, 845 ocorrências, com 216 feridos graves e 105 mortes anualmente (MIGUEL, 2020). No que concerne ao impacto operacional, verifica-se que a velocidade média operacional das ferrovias brasileiras é 22 km/h, enquanto nos EUA esse parâmetro atinge a média de 80 km/h (CNT, 2022). Destaca-se, todavia, que a política de renovações antecipadas das atuais concessões tem considerado, entre os investimentos obrigatórios previstos, melhorias na malha existente, principalmente nas resoluções de conflitos urbanos (MRS, 2022; IRAJÁ, 2022). Ademais, o advento da Lei nº 14.273, de 23 dezembro de 2021, a qual estimula a retomada da operação de trechos ociosos e o desenvolvimento de novos projetos ferroviários, além de facilitar investimentos por meio da adoção do modelo de autorizações, busca uma utilização otimizada da malha ferroviária nacional. Conforme a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2018), as infraestruturas ferroviárias necessitam, principalmente, da duplicação de ferrovias já existentes, da recuperação e da modernização dos sistemas operacionais ferroviários e a eliminação de gargalos relacionados às invasões de faixa de domínio e PNs.

Dificuldades relacionadas à integração entre as malhas ferroviárias das companhias, em virtude de incompatibilidade entre bitolas, são verificadas. Nesse contexto, tem-se que, aproximadamente, 78,3% da extensão da malha nacional possui bitola estreita (1,00 m), 19,3% é disposta em bitola larga (1,60 m) e 2,4% em bitolas mistas ou padrão (1,43 m). A diversificação de bitolas é identificada em alguns corredores de exportação de minério de ferro operados pelas concessionárias FCA, EFVM e MRS, em que cerca de 51% da malha é estruturada em bitola estreita, 44% em bitola larga e 5% em bitola mista (BRASIL, 2018). Um outro ponto a ser destacado consiste nos entraves observados no compartilhamento de vias a terceiros: apenas 8% da produção ferroviária atual corresponde a cargas de compartilhamento. Segundo a Confederação Nacional da Indústria (ABREU, 2018), o direito de passagem é essencial para a sustentabilidade do transporte ferroviário.

A defasagem de trechos e o consequente elevado tempo de viagem, por vezes, acarreta perda de competitividade do modal ferroviário. Na Região Sul, por exemplo, a cadeia de importação de fertilizantes, com origem no Paraná, é impactada por empecilhos no traçado operado pela Estrada de Ferro Paraná Oeste (Ferroeste), entre Cascavel (PR) e Paranaguá (PR). O transporte por trens entre as duas regiões, de cerca de 600 km, implica em mais de cinco dias de viagem, fazendo com que o modal ferroviário corresponda a uma parcela significativamente reduzida perante o segmento rodoviário (G1 PR, 2022).

Na Região Sudeste também são constatadas uma série de implicações relacionadas ao tempo de viagem e à consequente redução de capacidade de transporte. O cenário atual da rede operada pela Rumo Malha Paulista (RMP), por exemplo, demonstra que um carregamento com ida e volta entre o trecho Rondonópolis (MT) e Santos (SP) leva, em média, oito dias de viagem (FAVARO; PUPO; PAKULSKI, 2020). As ferrovias da RMP assumiram papel de relevância no setor de adubos e fertilizantes a partir de 2018 (ANTT, [2022]), e a readequação de sua capacidade está listada entre os investimentos previstos no *PNL 2035* (BRASIL; EPL, 2021).

Na fronteira entre as regiões Norte e Nordeste, a Estrada de Ferro Carajás (EFC) apresenta dificuldades quanto à adequação da capacidade viária em alguns segmentos – apesar de sua reconhecida eficiência – e de resolução em conflitos urbanos, causados por PNs e travessias urbanas (BRASIL, 2018). No Maranhão, comunidades que são atravessadas por trilhos relatam falta de estruturas para travessia, falta de iluminação e falta de sinalização nas estruturas ferroviárias (ANGELO, 2022). Na Região Centro-Oeste, conflitos urbanos também são observáveis na operação da Rumo Malha Oeste (RMO) em Mato Grosso do Sul, sendo necessárias ações de controle de faixa de domínio e recuperação da infraestrutura e sistemas de sinalização (BRASIL, 2018).

II. Rodovias

O transporte rodoviário de cargas é de grande importância para o desenvolvimento do País, pois viabiliza a movimentação de insumos e produtos essenciais às atividades econômicas. O modal, entretanto, enfrenta entraves, entre os quais se pode incluir os elevados custos operacionais decorrentes da infraestrutura inadequada (CNT, 2019). Em geral o transporte rodoviário de cargas não é recomendado para grandes distâncias, verificando-se custos elevados de transporte (BRASIL, 2018).

É notório que algumas rodovias brasileiras experimentam desgastes em virtude da carência de manutenção e de obras de otimização da infraestrutura. A deficiência na execução e na manutenção das rodovias ocasiona a degradação da infraestrutura rodoviária, resultado do grande fluxo de veículos e da ausência de fiscalização de pesagem. De acordo com dados oriundos da *Pesquisa CNT de Rodovias 2021*, apenas 12,4% das rodovias nacionais são pavimentadas. No caso específico das rodovias

federais, cerca de 86,9% do total são de pista simples e 11,1% possuem pista duplicada. O Brasil figura na 93ª colocação dentre 141 países na avaliação relativa a rodovias do Fórum Econômico Mundial (CNT, 2021c). As condições das rodovias têm influência direta no custo operacional para o transporte de mercadorias, que, por sua vez, influencia no valor do frete cobrado para realizar o escoamento de carga. Rodovias precárias geram custos operacionais de transportes maiores (BRASIL, 2020a).

Veículos pesados trafegando com excesso de peso prejudicam as condições do pavimento e da infraestrutura das rodovias de maneira geral. Com base em dados da Polícia Rodoviária Federal (PRF), verifica-se que, em rodovias federais, foram contabilizadas mais de 15 mil infrações referentes a caminhões com excesso de carga no ano de 2018 (CNT, 2019). Alguns transportadores realizam a prática de sobrepeso como forma de amenizar impactos negativos à receita. Isso é prejudicial para a manutenção da qualidade e da segurança das rodovias e para os próprios caminhoneiros, que não percebem o prejuízo imediato aos seus veículos (CNT, 2019). Segundo o DNIT, um caminhão com 50% de excesso de carga causa dez vezes mais danos ao pavimento (RODRIGUES; VIEIRA; SILVEIRA, c2022).

O sobrepeso também encarece os fretes devido ao aumento no consumo de combustível e à frequente manutenção dos veículos. Transitar com excesso de peso desgasta as peças e os equipamentos do caminhão, acarretando gastos adicionais, a longo prazo. O consumo de combustível é maior, haja vista que se exige mais o motor para alcançar a velocidade habitual. Estima-se que 37% do custo mensal dos veículos de carga é proveniente do consumo de combustível (CNT, 2019). Investimentos na implantação e na recuperação de sistemas de pesagem, tais como o Posto Integrado Automatizado de Fiscalização (PIAF) e o Posto de Pesagem Veicular (PPV), que fazem parte do programa de fiscalização rodoviária do DNIT, são importantes nesse contexto (BRASIL, 2018).

A queda de investimentos públicos para rodovias também contribui para a precariedade da malha rodoviária nacional. Em 2010, o valor investido pelo Governo Federal foi de R\$ 17,86 bilhões, ao passo que, em 2020, o montante foi de R\$ 6,74 bilhões (GUEDES, 2021). Se descontada a inflação, o valor é 31,7% menor do que o investido somente em manutenção em 2010, que era de R\$ 9,87 bilhões (CNT, 2021b).

A concessão das rodovias tem o objetivo de garantir o investimento e a manutenção dos trechos rodoviários (BARBO *et al.*, 2010), no entanto a cobrança de pedágio interfere nos valores praticados por transportadoras, uma vez que é um dos parâmetros incluídos no custo do frete (PATRUS TRANSPORTES, 2017). Em 2022, as tarifas da BR-262 e da BR-153 subiram, em média, 124% nos trechos localizados em Minas Gerais, para repor perdas inflacionários (DIAS, 2022). O alto volume médio diário observado em algumas rodovias leva à necessidade de duplicação ou construção de terceira faixa de algumas rodovias. A capacidade é entrave evidente em trechos rodoviário próximos a Belo Horizonte (MG), por exemplo, as quais apresentam fluxo excessivo de veículos, o que gera congestionamentos,

agravados pela ocorrência de acidentes (BRASIL, 2018). Destacam-se ainda a necessidade de melhoria da infraestrutura nos acessos rodoviários aos portos, como a duplicação da BR – 101 no Porto do Suape, a melhoria dos acessos rodoviários dos portos de Paranaguá e do Porto de Santos e a necessidade de estacionamentos reguladores de tráfego no Porto do Rio de Janeiro e da criação de um pátio de triagem de caminhões, também no Porto do Suape (BRASIL, 2018).

III. Portos, cabotagem e hidrovias

As características geográficas de hidrovias, a capacidade de armazenamento dos portos e a infraestrutura de regiões portuárias são identificadas, de modo geral, como entraves logísticos para o escoamento de minérios, tanto no mercado doméstico interno como na exportação. De modo análogo às ferrovias, o modal hidroviário apresenta-se adequado ao transporte de mercadorias em menor valor agregado (POMPERMAYER; CAMPOS NETO; PEPINO DE PAULO, 2014).

Restrições de profundidade, de carência de obras de dragagem e de derrocagem, bem como de balizamento e de sinalização insuficientes são problemáticas que influenciam negativamente a navegação brasileira de modo geral, especialmente nos canais de acesso a algumas instalações portuárias. A título de exemplo, cita-se a Barra Norte na foz do Rio Amazonas, onde o calado das embarcações que acessam a região é limitado a cerca de 11,9 metros. Esse trecho afeta o abastecimento dos portos de Itacoatiara (AM), de Santarém (PA) e de Santana (AP) (PORTAL BE NEWS, 2022).

Outro fator que em determinadas épocas prejudica o transporte hidroviário no País é o desequilíbrio nos regimes de cheias e de secas. O caso mais notável se refere às movimentações de minérios no Rio Paraguai, na região de Corumbá (MS), onde a diminuição nos níveis pluviométricos implicou necessidade de adoção do modal rodoviário como alternativa de transporte da produção realizada. A hidrovia teve sua atividade praticamente paralisada no decorrer de 2021, sendo a seca uma problemática cada vez mais afirmada na região (CALHEIROS, 2017). Questões de manutenção da sinalização e do balizamento também têm sido apontadas como adequações necessárias à infraestrutura da região, além da identificação de bancos de areia, de estreiteza e de eventuais baixas profundidades (BRASIL, 2018; MARINHA DO BRASIL, 2022, [202-]). O Diagnóstico Logístico de Mato Grosso do Sul, em seu *Relatório Final*, destaca que “Durante os períodos de estiagem, o baixo calado da hidrovia aumenta os riscos de colisão e encalhe das embarcações, assim como limita o volume transportado e o raio das curvas” (MATO GROSSO DO SUL, 2022, p. 77).

Em 2021, na Bacia do Rio Paraná, ocorreu uma seca que interferiu na carga das barcas que trafegam na hidrovia, principalmente na impossibilidade de atravessar o Pedral de Nova Avanhandava (PORTOS E NAVIOS, 2021). Ressalta-se que a hidrovia do Tietê-Paraná costuma ser utilizada para o transporte de fertilizantes, além de demandar investimentos em seu amplo sistema de eclusas e de canais (EXAME, 2021b; SÃO PAULO, 2021).

Acerca das instalações portuárias, a armazenagem e a capacidade de movimentação encontram-se entre as principais reivindicações do mercado mineral. As demandas por investimento em armazenagem são observadas nas cadeias de fertilizantes, principalmente através dos portos de Santos (SP), de Paranaguá (PR) e de Vila do Conde (PA) (EMBRAPA, 2020; CINTRA, 2022). No Paraná, em abril de 2022, 18 navios aguardavam para descarregar cerca de 600 mil toneladas de fertilizantes no Porto de Paranaguá. A capacidade de 3,5 milhões de toneladas do porto já havia sido atingida, e a infraestrutura disponível é capaz de descarregar 40 mil toneladas de carga por dia. O porto já chegou a enfrentar filas de 30 navios (UDOP, 2022). O corredor de exportação de minério de ferro e de bauxita, na região portuária de São Luís, também pode apresentar dificuldades devido ao avanço produtivo do setor (AMORA, 2021; O GLOBO, 2021).

Os acessos terrestres também são empecilhos para a otimização do setor portuário no País. No Porto do Açu, no Rio de Janeiro, avalia-se que não há possibilidade de se expandir a movimentação de cargas transportadas por cabotagem sem que uma ferrovia chegue ao porto (KINCAID, 2022). Já no Porto do Itaqui, em São Luís (MA), o *Plano de Desenvolvimento e Zoneamento (PDZ)* indica que “na região intraporto, nem a EFC nem a FTL possuem sistemas de sinalização. Estes sistemas aumentam a capacidade e a segurança de transporte nas linhas” (PORTO DO ITAQUI, 2021). O PDZ do Complexo Portuário de Vila do Conde, no Pará, destaca as dificuldades no acesso hidroviário, por meio da Hidrovia do Tocantins, especialmente por conta dos entraves relacionados ao Pedral de Lourenço (CDP, 2020; BRASIL, 2019).

No que concerne à cabotagem, pontuam-se, como ponto negativo do setor, os altos custos tributários do modal. A modalidade não é beneficiada por incentivos fiscais que ocorrem em outros modais, como o rodoviário, por exemplo (BRASIL, 2022). Ressalta-se, no entanto, a promulgação da Lei nº 14.301, de 7 de janeiro de 2022, a qual instituiu o Programa de Estímulo ao Transporte por Cabotagem (BR do Mar), o qual tem por intuito reduzir os custos operacionais do transporte nesta modalidade, a fim de incentivar a maior participação deste modo de transporte na movimentação de minérios. Ademais, custos elevados relacionados à prática também geram dificuldades no transporte.

4 PROPOSIÇÃO DE AÇÕES

Tem-se como objetivo deste capítulo a apresentação de proposição de ações para o transporte e a logística relacionados à indústria da mineração no âmbito nacional. As seções contemplam, inicialmente, uma análise das perspectivas de mercado para os minérios estudados, para, por fim, propor ações na infraestrutura de transporte que respondam às expectativas do setor.

4.1 PERSPECTIVAS GERAIS DO SETOR

O setor mineral mundial vem sofrendo mudanças sem precedentes associadas à presença, em anos recentes, de maiores imprevisibilidades e instabilidades no cenário político econômico e social internacional, somado à crescente mobilização para a descarbonização da sociedade e ao movimento para uma transição energética que atinja a geração de energia renovável e limpa nas próximas décadas (IEA, 2022; PWC, 2022; WORLD BANK GROUP, 2017).

Desse modo, a alternância para um futuro de baixo carbono, o qual é pautado por novas formas de se gerar energia e pelo aumento da eficiência energética através do desenvolvimento de tecnologias na área, demonstra um grande potencial em modificar não somente o volume das demandas por minérios, mas também a composição dessa demanda (WORLD BANK GROUP, 2017). Assim, analisa-se que a procura por minerais, ao acompanhar esses cenários e transformações, enfrenta, de maneira conjunta, ambientes operacionais cada vez mais desafiadores, a necessidade crescente por minérios críticos e a emergência de novos atores na indústria, o que poderá modificar fluxos comerciais já existentes (PWC, 2022).

De acordo com a International Energy Agency (IEA, 2022) e o World Bank Group (2017), os minérios críticos são aqueles identificados como essenciais na manufatura de tecnologias livres da emissão de gases do efeito estufa (GEE), a exemplo de painéis solares, de turbinas eólicas e de baterias. Posto isso, a lista, cabendo variações, é definida por: alumínio (bauxita), cobre, ferro, níquel, lítio, cobalto, manganês, prata, aço, zinco, titânio e terras-raras.

Essa mudança de relevância na demanda de minerais em esfera global vem sendo responsável por trazer oportunidades diferentes a depender dos países produtores e de suas respectivas reservas. As perspectivas internacionais apontam para a China como agente global dominante e imprescindível na produção e oferta de variados minérios estratégicos para a transição energética (CASTILLO; PURDY, 2022), liderando no processamento da maioria desses minérios-chaves e sendo responsável por parcelas consideráveis da extração mineral mundial,

como é o caso das terras-raras (IEA, 2022). No caso da América Latina, as expectativas de participação da região nesse processo são otimistas tendo em vista a riqueza mineral constatada em países como Chile, Argentina, Peru, Bolívia e Brasil, no que se refere especialmente aos minérios de cobre, ferro, prata, lítio, alumínio, níquel, manganês e zinco.

No entanto, as dificuldades de se efetuarem o mapeamento e de gerar dados robustos acerca das reservas existentes, devido à sua distribuição geográfica irregular e muitas vezes inacessíveis, são notadas nesses mesmos países latino-americanos e também em países da África e da Ásia. Como resultado, gera-se um desequilíbrio entre locais de reservas e produção desses minérios. Cita-se o exemplo da bauxita, a qual possui 63% das suas reservas globais situadas em países em desenvolvimento, desconsiderando-se a China, enquanto que estes representam 30% da produção desse minério (WORLD BANK GROUP, 2017).

Tratando das limitações e obstáculos encontrados nessa indústria, devido a suas perspectivas serem pautada no longo prazo, evidenciam-se riscos associados à volatilidade de preços e às oscilações do mercado. Em 2020, estimou-se que a pandemia da covid-19 impactou cerca de 275 operações de mineração em esfera global, especialmente interferindo na produção de ouro, de prata e de cobre (BACANI, 2020). A região da América Latina foi a mais afetada nesse quesito, especialmente as atividades minerais no Peru, no Chile e no México. Além dos maiores efeitos das instabilidades do mercado serem sentidos em países em desenvolvimento, os riscos percebidos na indústria mineral em países latino-americanos, aplicando-se ao Brasil, somam-se às questões relacionadas aos riscos ambientais, no que tange às regulações e à obtenção de Licenças de Operação (LOs) (KPGM, 2022).

No que se aplica especificamente à indústria mineral no Brasil, segundo dados publicados pelo Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM, 2022b), de maneira geral, o setor no País apresentou quedas em variados aspectos quando comparado o primeiro trimestre de 2022 (1T22) com o de 2021 (1T21). Nota-se que o 1T22 teve uma redução de 13% na produção mineral brasileira se comparado com o 1T21, o que representou um decréscimo de 20% no faturamento para o mesmo paralelo de períodos. Quando analisado o desempenho por estado em 1T22, Pará e Minas Gerais lideraram na participação no faturamento do setor mineral nacional com parcelas de 41% e 36% respectivamente. Esse resultado está atrelado à expressiva produção de ferro em ambos estados, tendo em vista que este representou 68% das exportações totais de minérios no País. No entanto, a participação do Pará e de Minas Gerais também foi menor do que a percebida em 1T21, sofrendo uma redução em torno de 30%. Tanto a balança comercial quanto o saldo do setor em 2022 demonstraram uma queda se comparados com o mesmo período, o que é parcialmente explicado pela queda de 29% das exportações de minérios à China, país que lidera como maior importador de variados minérios brasileiros.

Apesar da vulnerabilidade do Brasil perante as instabilidades internacionais e da queda do seu desempenho no primeiro trimestre de 2022, as expectativas do setor mineral brasileiro contam com perspectivas positivas quanto às oportunidades de negócio e de crescimento da produção mineral. O estudo elaborado pela empresa EY em conjunto com o IBRAM ressaltou que o Brasil poderá se beneficiar com a mudança para uma economia de baixo carbono caso o País seja capaz de se atentar às oportunidades que são geradas nesse quesito. Isso porque o setor mineral brasileiro possui destaque na extração e na produção de minérios que são essenciais nesse processo, como a bauxita, o ferro e o manganês. Além dessas *commodities*, o País também poderá obter benefícios quanto à produção e à comercialização do cobre, visto que a sua demanda internacional se enquadra como uma das que apresentará maiores taxas de crescimento (EY BRASIL, 2022).

Os desafios que se impõem sobre a capacidade do Brasil de participar ativamente dessas novas oportunidades no mercado mineral, como mencionado anteriormente, recaem principalmente na forma com que o País irá trabalhar nas questões ambientais no que diz respeito às mudanças no campo regulatório e de gestão de operações, especialmente diante da expectativa de se aumentar a produtividade mineral brasileira à medida que há um potencial representativo de crescimento associado à busca por ampliar as áreas mapeadas do território nacional, as quais hoje totalizam 3% (EY BRASIL, 2021).

Isso posto, como análise das perspectivas de mercado para os seis minérios selecionados em 2.4, destacam-se as seguintes atividades:

- Elaboração de infográficos para cada minério com dados gerais que auxiliem a interpretação das perspectivas do setor.
- Projeções de demanda, para o horizonte de planejamento (2022-2050), realizada pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea).
- Pesquisas sobre perspectivas de mercado em fontes secundárias.
- Entrevistas com os principais *players* do setor mineral.

Os infográficos desenvolvidos para cada minério contam com informações que visam apresentar um panorama dos dados, tanto aqueles associados à extração do minério, quanto os da sua comercialização, de forma que seja possível compreender as perspectivas que se traçam da demanda futura do mesmo. A variação do preço das *commodities* foram comparadas ao Índice de Commodity Dow Jones, que mede de forma ampla contratos futuros de produtos como minérios metálicos e produtos agrícolas, ambas categorias relevantes para este relatório. Optou-se por elencar três preços nesses gráficos, o preço atual do minério, seu preço mais elevado e seu preço mais baixo. Somado a isso, buscaram-se informações de investimentos em pesquisa mineral divulgados pela Agência Nacional de Mineração (ANM, 2022), o que inclui os

que foram realizados em fases de autorização de pesquisa e durante a fase de lavra efetiva. Por fim, foram adicionadas informações dos países exportadores e dos importadores, a depender do minério em análise, obtidas do Observatory of Economic Complexity (OEC, 2022), bem como uma síntese dos seus principais usos.

Quanto às projeções de demanda, estas foram realizadas pelo Ipea (2022c) para cada um dos minérios selecionados, estimando a produção interna e os principais fluxos de comércio internacional. As projeções estendem-se até o horizonte de 2050, em conformidade com o *Plano Nacional de Mineração 2050*, tendo como observações a movimentação histórica do período entre 2001 a 2021 (com exceção do alumínio, que considera o período de 2004 a 2020).

Em termos metodológicos, a perspectiva de mercado de cada minério é primeiramente caracterizada pelo histórico da produção e movimentação (exportação e importação) e pela estimativa futura desses fluxos. Com a intenção de agregar à análise as expectativas e os investimentos previstos pelo setor, foram realizadas pesquisas em fontes secundárias, como relatórios de grandes empresas e de instituições especializadas. Por fim, para qualificar a opinião acerca do setor e mapear os avanços da atividade mineradora, utilizaram-se os apontamentos coletados em entrevistas com *players* do setor mineral. Assim, tem-se uma perspectiva mais alinhada com as expectativas do mercado.

Nesse contexto, o Quadro 4 compila as análises sobre a perspectivas de mercado para cada minério, destacando o viés histórico e a projeção de produção/movimentação (conforme o Ipea) e a expectativa de mercado (referente às pesquisas e entrevistas).

Quadro 4 – Perspectivas para os minérios estudados

MINÉRIO	PERSPECTIVAS (PROJEÇÃO IPEA)	EXPECTATIVAS DO MERCADO
Alumínio	Crescimento moderado da produção.	Otimismo para a produção e comercialização em toda a cadeia do alumínio (bauxita, alumina e alumínio) em âmbito global, tendo em vista o papel na transição energética. O Brasil se insere de forma positiva nesse processo, devido às grandes reservas de bauxita, às refinarias de alumina e à matriz energética limpa.
Cobre	Crescimento expressivo da produção. Crescimento expressivo da exportação. Queda na importação.	Espera-se uma alta demanda internacional do cobre nos próximos anos. No Brasil, por conta da expansão na exploração das reservas, o cenário relativo à produção e à exportação do cobre se mostra promissor e aponta para um grande potencial de participação do País no mercado global desse minério.
Ferro	Crescimento moderado da produção.	Apesar da moderada perspectiva que os dados apontam, as empresas que mineram ferro têm um planejamento otimista para os próximos anos, contando com iniciativas de investimentos para o aumento das suas operações.

MINÉRIO	PERSPECTIVAS (PROJEÇÃO IPEA)	EXPECTATIVAS DO MERCADO
Fosfato	Crescimento expressivo da produção. Crescimento moderado da importação.	Para o fosfato, há boas expectativas de crescimento. O setor no Brasil pretende investir na extração do mineral, muito impulsionado pela necessidade de expandir o mercado interno de adubos e fertilizantes.
Manganês	Crescimento moderado da produção.	O manganês tem usos variados, com possibilidade de atrair demanda externa alinhada com a produção de pilhas, especialmente para carros elétricos. Há investimentos programados por algumas empresas para a sua extração, tudo isso dentro de padrões ambientais que atraem o investimento estrangeiro.
Potássio	Crescimento moderado da importação.	Quanto ao potássio, grande parte da sua presença no Brasil se dá via importação, porém seu uso é importante em fertilizantes e adubos para a agroindústria. Há iniciativas que visam à diminuição da dependência do potássio vindo do exterior, porém ainda há uma perspectiva de manutenção das importações para o futuro.

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

As seções seguintes buscam aprofundar, para cada minério, os pontos sistematizados no Quadro 4, apresentando as projeções de demanda e as principais perspectivas do setor.

4.1.1 ALUMÍNIO (BAUXITA)

O alumínio se apresenta como uma alternativa importante para a transição energética e descarbonização da sociedade, tendo em vista suas propriedades como um metal leve e de completa reciclabilidade, além do seu uso estar associado a setores estratégicos como material de transporte e embalagens. Nesse sentido, é esperado que a demanda mundial de sua cadeia, constituída pela extração primária da bauxita, seu refino para obtenção da alumina e sua posterior redução em alumínio, cresça de forma expressiva até 2050 (DAVID, 2021).

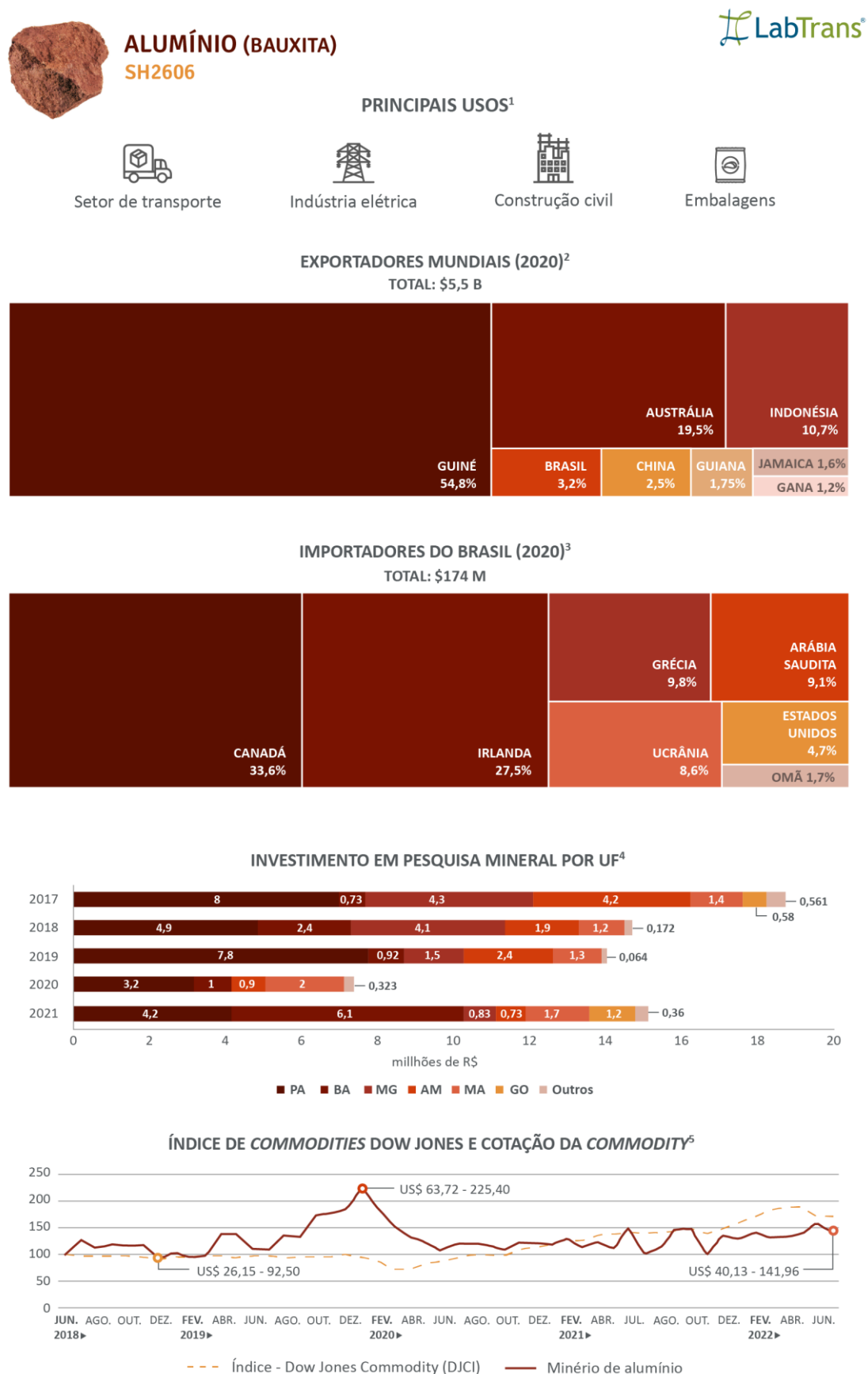
O Brasil é detentor da quarta maior reserva de bauxita no mundo, ocupa a mesma posição em termos de produção desse minério, além de ser o terceiro maior produtor de alumina e também possuir expectativas de crescimento no que se refere à indústria do alumínio (ABAL, 2019). No município de Barcarena (Pará), encontra-se em operação a maior refinaria de alumina do mundo localizada fora da China, a Alunorte (HYDRO, c2022a). Tal margem para o alto crescimento no setor de produção dessa cadeia mineral também pauta-se na diferença atual entre o consumo *per capita* anual de alumínio no país, o qual é de somente de 6,7 kg, se comparado com o consumo *per capita* anual global de 22,4 kg (GOMES, 2022), indicando grandes oportunidades de expansão.

A Figura 60 apresenta informações mercadológicas do minério bauxita e sua cadeia. Os gráficos produzidos a partir dos dados do OEC e representados no mesmo infográfico tornam possível identificar os principais exportadores na esfera mundial da *commodity* do alumínio de código SH2606, responsáveis pela movimentação de 95% do minério no ano de 2020, sendo eles liderados pela Guiné, seguida da Austrália. Nesse cenário, o Brasil detém a sétima posição entre os maiores exportadores de bauxita. Já em relação aos países de destino das exportações brasileiras do minério, no ano em análise (2020), tem-se a ausência do maior importador mundial, a China, que segundo a OEC é responsável por 70% das importações mundiais de alumínio. Esse distanciamento ocorreu a partir do ano de 2019, visto que nos anos que se seguiram o cenário continuou o mesmo, não havendo dados a respeito da comercialização da bauxita para a China com origem no Brasil.

Outro ponto de grande influência, apontado na Figura 60, é a flutuação do preço do minério no mercado financeiro, que ao ser analisado em conjunto com o Índice Dow Jones Commodity Index (DJCI), pode-se compreender o comportamento da *commodity* no mercado. Nesse caso, a relação entre preço do minério de alumínio e o índice DJCI revela que o minério em 2019 sofreu uma inversão e, até hoje, apresenta uma cotação em um nível inferior com relação ao índice de *commodity*, porém o acompanhando na elevação dos preços.

Tratando-se de investimento em pesquisa para o setor mineral brasileiro, é possível perceber que as Unidades Federativas (UFs) onde já se encontram as maiores minas de extração do minério da bauxita coincidem com os maiores destinos de financiamento para pesquisa, visto que em primeiro lugar se encontra o Pará, seguido da Bahia e de Minas Gerais. Todavia, percebe-se que, de 2017 a 2021, os investimentos passaram por uma queda acentuada de valores, chegando em 2020 a bater menos de 50% do valor investido em 2017. Entretanto, houve uma recuperação e uma expansão do investimento em 2021, o qual já atingiu um montante maior que o de 2018, porém ainda inferior ao de 2017.

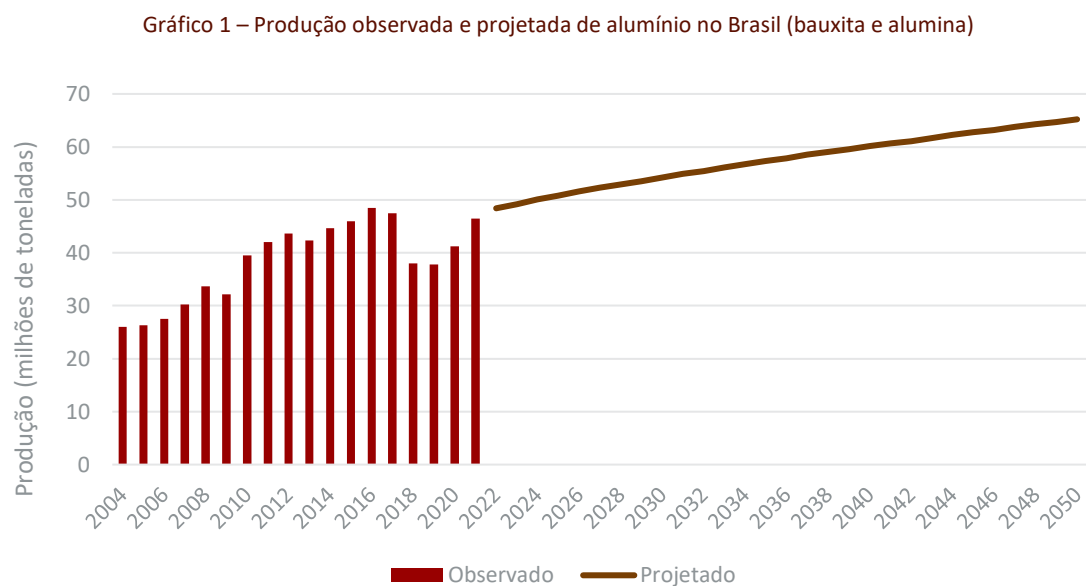
Figura 60 – Dados gerais do mercado do alumínio (bauxita)



Fonte: 1 – USGS (2020); 2 – OEC (2022); 3 – OEC (2022); 4 – ANM (2022); 5 – Investing (2022a) e Brasil (2022c).

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Ademais, de maneira a compreender as perspectivas do alumínio no mercado mineral, cabe uma análise, a partir de dados históricos, da projeção da sua produção, realizada pelo Ipea (2022c). Essa projeção estimou, em separado, a bauxita e a alumina até 2050, porém, conforme a lista de Nomenclaturas Comuns do Mercosul (NCMs) da ANM, ambos minérios são considerados na categoria de alumínio, portanto foram analisados em conjunto. Nesse sentido, o Gráfico 1 apresenta os volumes observados e projetados de produção do alumínio.



Fonte: Ipea (2022c). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

O período observado apresenta uma taxa de crescimento anual de 3,2%, enquanto no período projetado o crescimento é moderado, com taxas de 1,0% ao ano. Em relação à capacidade instalada estendida das minas de bauxita, em cinco anos, as minas deverão suprir cerca de 96% da demanda estimada.

Referente à perspectiva de mercado, a alta expectativa quanto à produção e à comercialização da bauxita e alumina no Brasil, no entanto, não se desenvolveram da mesma maneira no caso do alumínio primário, visto que os elevados custos de operação fizeram com que diversas plantas reduzissem ou mesmo encerrassem suas operações no País. Contudo, após mais de cinco anos com operações suspensas, o Consórcio Alumar, uma das maiores complexos industriais de alumínio no mundo, oficializou, em 2022, a reativação de sua fábrica Redução em São Luís (Maranhão) e a retomada da sua produção com capacidade de quase 450 mil toneladas métricas de alumínio por ano. Essa retomada está inserida na estratégia das suas consorciadas para o aumento de produção desse produto perante as perspectivas futuras do seu mercado (ALCOA, 2022).

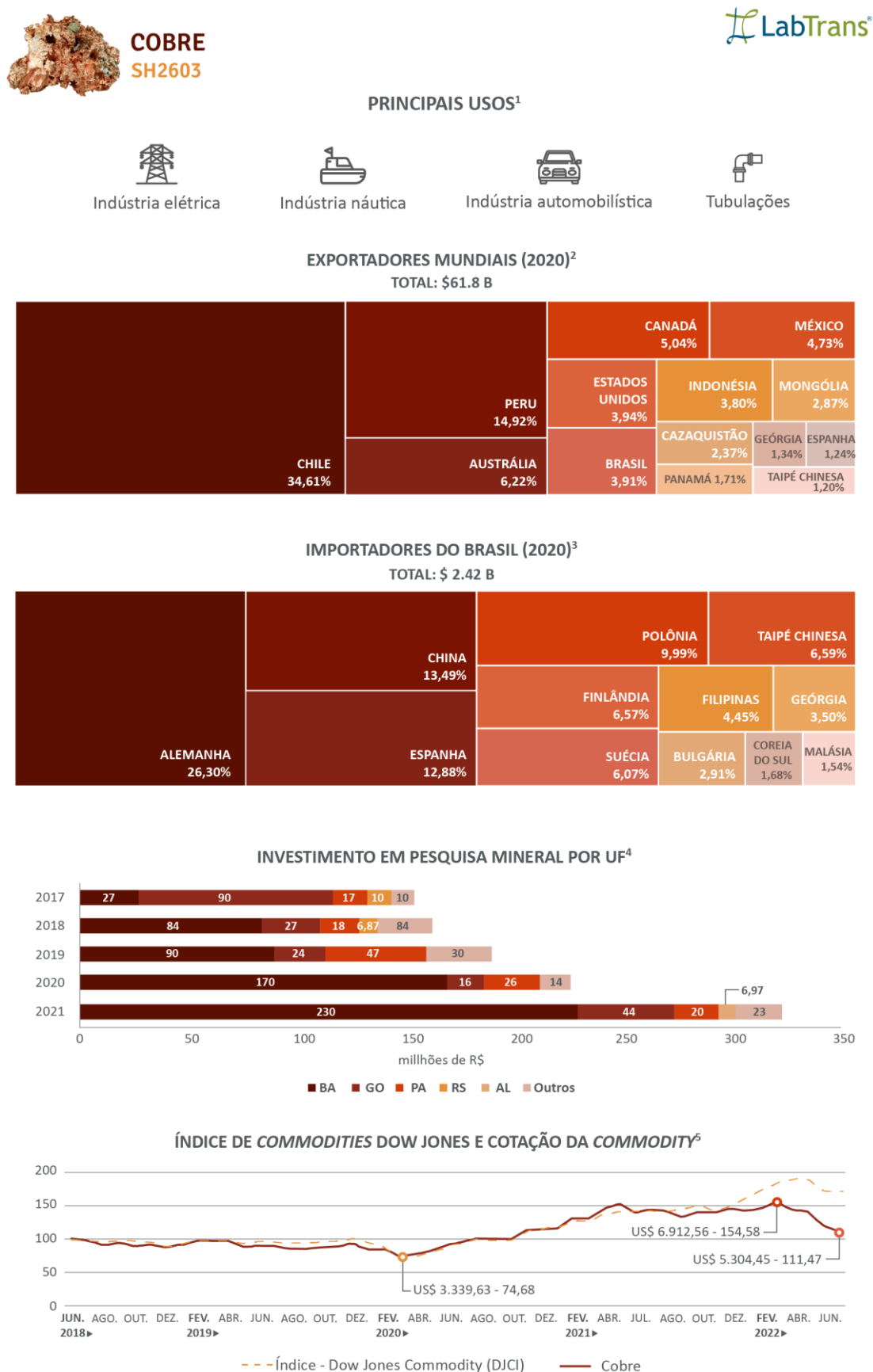
Dessa maneira, pode-se observar que, apesar de a cadeia do alumínio ser formada por três processos principais que envolvem produtos diferentes em cada um, sendo eles a bauxita, a alumina e o alumínio, todos possuem perspectivas otimistas de mercado. Em termos mais específicos, o bom desempenho esperado para o setor de alumínio refere-se principalmente a o médio e longo prazo, embora existam sinais de recuperação no curto prazo em relação ao ano de 2021. A Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), em 2021, teve um lucro líquido aferido de R\$ 838 milhões, o que representa uma reversão do prejuízo de R\$ 880 milhões no ano de 2020 (CBA, 2022). Em 2022, a empresa já registrou neste segundo trimestre um lucro líquido de R\$ 489,5 milhões, com perspectivas de investimento, mesmo com as incertezas relacionadas ao cenário econômico mundial e à covid-19 (CARVALHO, 2022). Havia, por parte da empresa, um planejamento de investir R\$ 4 bilhões para o aumento da capacidade produtiva e de exploração de bauxita até o ano de 2025. Atualmente, a unidade tem capacidade produtiva de 350 mil toneladas/ano, e, com essa estratégia, a empresa deve ampliar a capacidade em 80 mil toneladas de alumínio (MACHADO, 2021b).

No estado do Pará, protagonista na produção de bauxita, a empresa Mineração Rio do Norte (MRN) concluiu estudo de pré-viabilidade, indicando que pode haver uma ampliação da vida útil de sua mina em Porto Trombetas, distrito de Oriximiná, no Pará, em até 20 anos, com capacidade de 18 milhões de toneladas de minério ao ano. Tal estudo foi feito em parceria com a empresa South 32, australiana do setor de mineração, que atua globalmente e de maneira diversificada (REVISTA MINÉRIO & MINERALES, 2022). Esse tipo de *joint venture* destaca boas perspectivas para o setor.

4.1.2 COBRE

O cobre é um mineral utilizado em diversos processos produtivos, já que se aplica na área de eletroeletrônica, chegando a setores tecnológicos de ponta. Como apresentado na Figura 61, no tocante aos principais exportadores mundiais desse minério, por mais que o Brasil ocupe a sétima colocação no *ranking* global em 2020, sua participação não se apresenta como sendo muito significativa, contribuindo com aproximadamente 4% do contingente total. Entretanto, destaca-se que o mercado de cobre cresceu nos últimos anos e que há atores relevantes minerando esse produto no País, como a Vale, a Lundin Mining Corporation e a Mineração Caraíba.

Figura 61 – Dados gerais do mercado de cobre



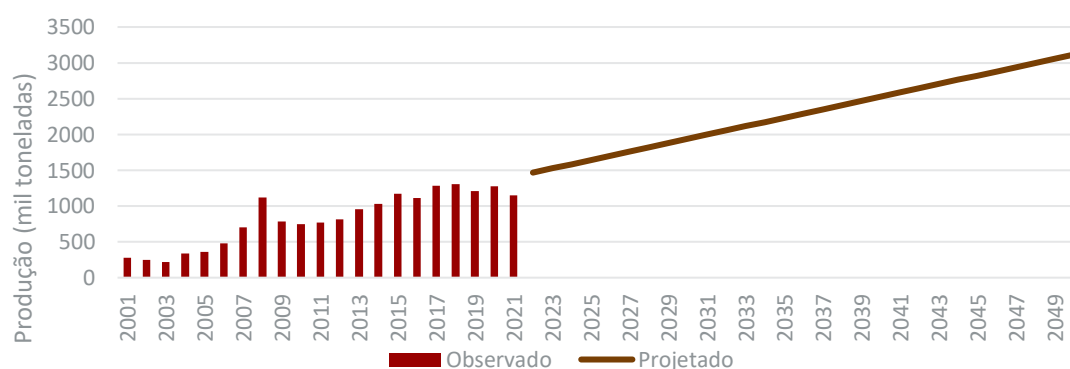
Fonte: 1 – USI Bronze (2022); 2 – OEC (2022); 3 – OEC (2022); 4 – ANM (2022); 5 – Investing (2022a) e Brasil (2022c).
Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Ademais, a Figura 61 evidencia a variação significativa existente entre o preço do cobre comercializado na bolsa e o DJCI de 2018 a 2022, com a menor variável registrada em março de 2020, com a cotação do minério em US\$ 75,6, e a maior registrada dois anos depois, em março de 2022, com um valor de US\$ 156,4, o que significa um crescimento aproximado de 107% nesse período. Já referente aos investimentos em pesquisas minerais, o contingente mais significativo é apresentado no ano de 2021, sendo a Bahia o estado receptor de 70% do total do investimento em pesquisa no setor. O estado se apresenta como sendo o terceiro mais relevante produtor mineral em volume de faturamento, de acordo com o Informativo Desempenho Mineral (IDM) de 2021, produzido pela Secretaria de Desenvolvimento Econômico (SDE). De 2021 para 2022, houve um crescimento de 65% na produção comercializada, sendo o maior índice registrado nos últimos 20 anos (REVISTA MINERAÇÃO & SUSTENTABILIDADE, 2022a).

Vale destacar, ainda, que, por mais que a Alemanha seja o principal importador de cobre do Brasil, o país é o quarto maior importador mundial do minério. O primeiro é a China, que ocupa a segunda colocação dos principais importadores do Brasil. A Espanha é o terceiro maior importador de cobre brasileiro, porém é a quinta maior importadora mundial e, mesmo o Japão e a Coreia do Sul sendo, respectivamente, o segundo e o terceiro maiores importadores mundiais, estes não se apresentam como sendo relevantes nas importações de cobre brasileiro. Isso indica que, com relação a esse minério, existe um *gap* de mercado com potenciais novos compradores que vale uma investigação.

Com relação à projeção de produção do cobre, o Gráfico 2 destaca essa informação tanto para o período observado quanto para um período projetado até 2050. A respeito do período observado de produção, observa-se um crescimento acelerado, com taxas de 9,0% ao ano, enquanto no período projetado é de 2,7% ao ano. Em cinco anos, a capacidade de produção estendida das minas representará apenas cerca de 46% da estimativa de projeção de demanda.

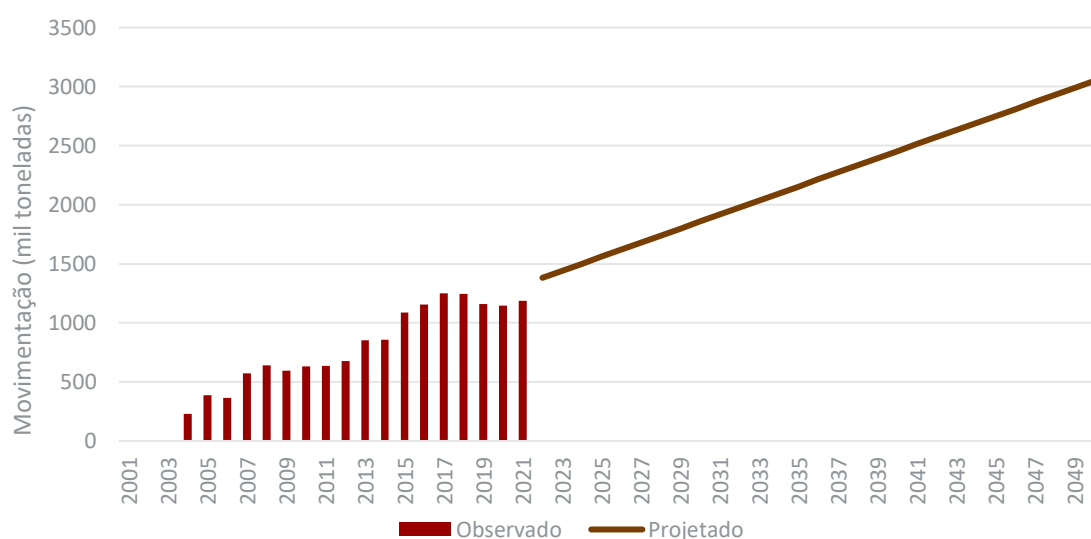
Gráfico 2 – Produção observada e projetada de cobre no Brasil



Fonte: Ipea (2022f). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Sobre a exportação de cobre, a taxa de crescimento no período observado é de 8,9% ao ano, evidenciando, assim como na produção, um forte crescimento. Já no período projetado, o crescimento ocorre a taxas médias de 2,8% ao ano. A projeção de exportação para o cobre é apresentada no Gráfico 3. Ressalta-se que a produção nacional de cobre – preponderantemente localizada em Carajás, no Pará – é fundamentalmente direcionada à exportação. Pode-se argumentar que a organização logística do cobre em Carajás (de modo semelhante ao minério de ferro) é estrategicamente concebida para exportação (dada a integração entre mina, ferrovia e terminal portuário).

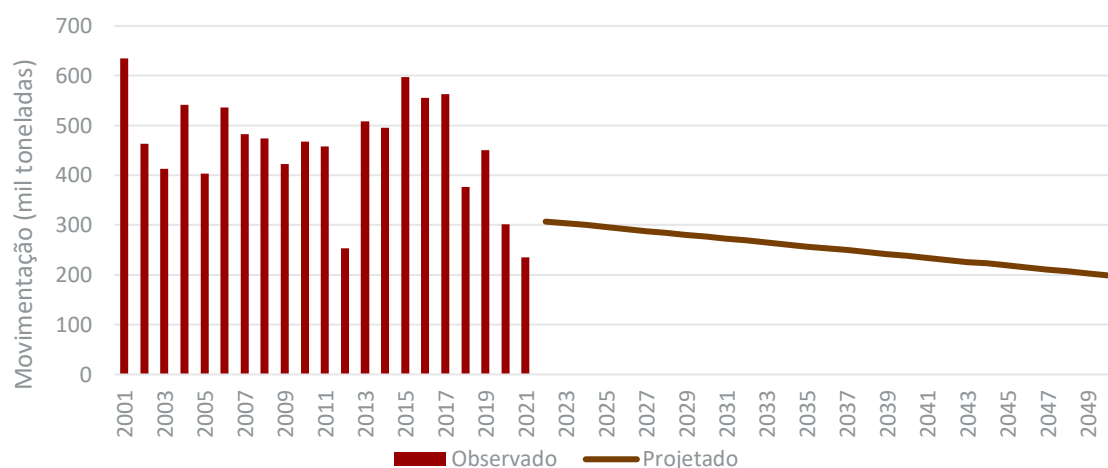
Gráfico 3 – Exportação observada e projetada de cobre no Brasil



Fonte: Ipea (2022f). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Por fim, para a importação de cobre, tem-se uma taxa de crescimento de -1,6% ao ano no período observado e de -1,5% para o período projetado, evidenciando a retração desse fluxo de comércio, conforme representado pelo Gráfico 4. Essa redução da importação de cobre deve ser compreendida como sendo válida apenas para o cobre enquanto produto da indústria extrativa mineral. Esses fluxos em granel mineral são relevantes para se avaliar a questão de transporte dos portos de importação até as indústrias transformadoras. Por outro lado, o balanço comercial de cobre, em sua acepção ampla, é ainda bastante deficitário, visto que o Brasil importa muitos produtos intermediários de cobre (como fios e diodos), os quais são transportados quase que exclusivamente por contêineres.

Gráfico 4 – Importação observada e projetada de cobre no Brasil



Fonte: Ipea (2022f). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

No sentido produtivo, segundo o jornal Valor Econômico, a empresa Vale identificou a existência de novas reservas de cobre em Carajás, no estado do Pará. Desde 2020, a empresa vem investindo para ampliar a capacidade de produção de cobre nos próximos anos (GÓES; ROSAS, 2020). Além disso, com o projeto Salobo 3, em Marabá (PA), a Vale prevê um aumento de cerca de 50 mil toneladas por ano nos primeiros cinco anos, reduzindo ao longo dos anos seguintes, até o fim da vida útil da reserva, prevista para 2052 (CARVALHO, 2018).

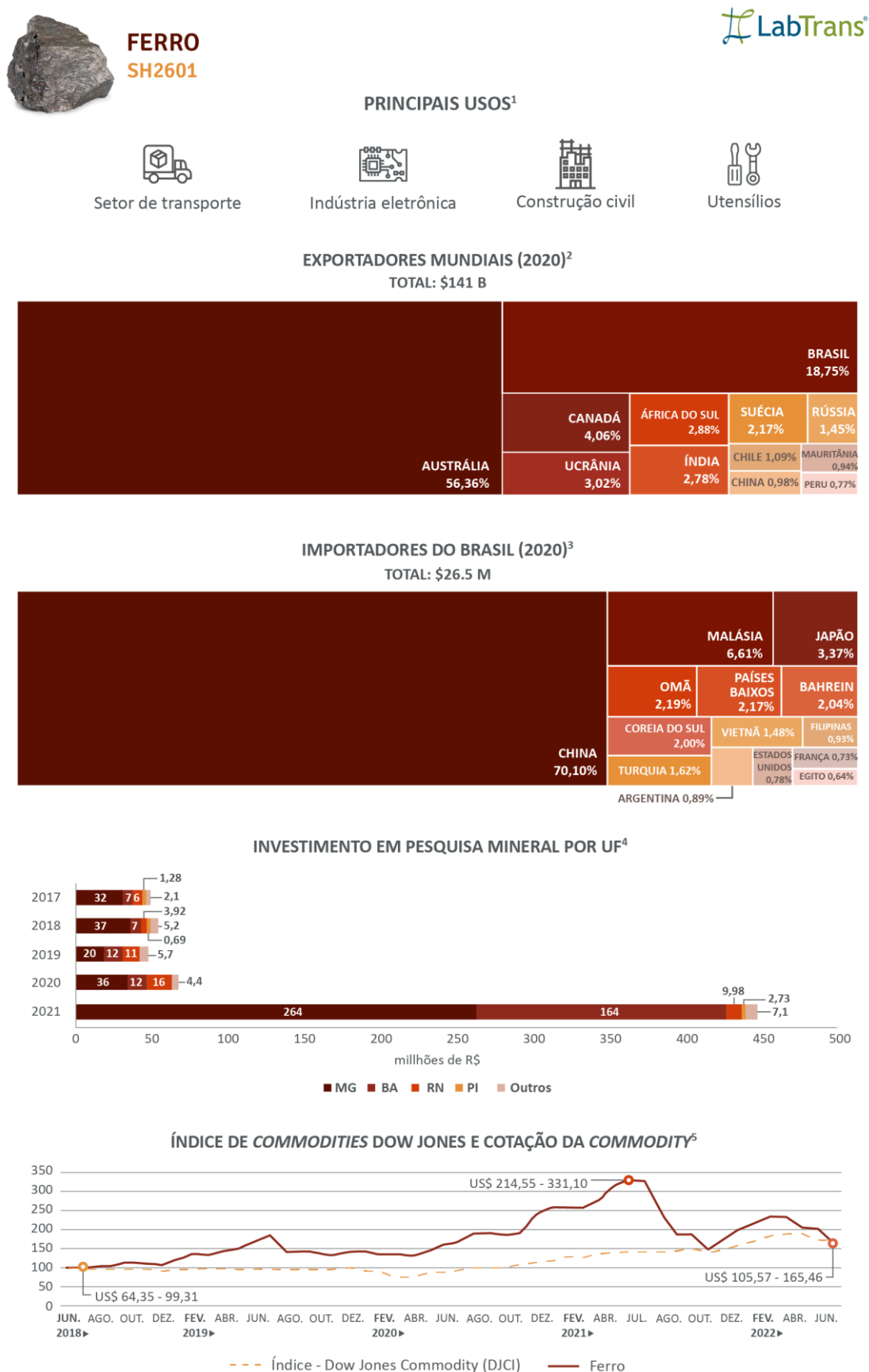
Entretanto, para o ano de 2022, a Vale pretende frear a produção do minério. Tanto a planta de Sossego quanto a de Salobo ficarão na espera, com a antecipação de manutenções programadas para 2023, muito em virtude do cenário econômico incerto (BARRÍA, 2022; ROSAS, 2022). Já a BHP, uma das maiores mineradoras do mundo, aposta no cobre entre os minerais passíveis de rápido crescimento, em especial a partir de 2023 (NEWSWIRE, 2022)

Uma vez que o cobre é utilizado em diversas atividades e setores, o preço desse metal pode ser interpretado como um indicador que varia proporcionalmente ao ritmo da economia mundial, com queda de preços, por exemplo, em períodos recessivos (BARRÍA, 2022). No mercado financeiro, o cobre tem se mostrado bastante instável, tendo experimentado uma rápida expansão desde o início de 2021 e uma significativa queda ao longo do ano de 2022 – o que pode estar associado à queda de demanda e ao aumento da instabilidade devido ao conflito Rússia-Ucrânia (BARRÍA, 2022; HUME, 2022).

4.1.3 FERRO

O minério de ferro é a principal matéria-prima do aço, portanto, é utilizado em diversas atividades produtivas associadas ao complexo siderúrgico e suas aplicações. O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de ferro do mundo, tendo o produto representado 15,9% da pauta exportadora do País em 2021 (em US\$), conforme dados do Comex Stat (BRASIL, 2022c).

Figura 62 – Dados gerais do mercado de ferro



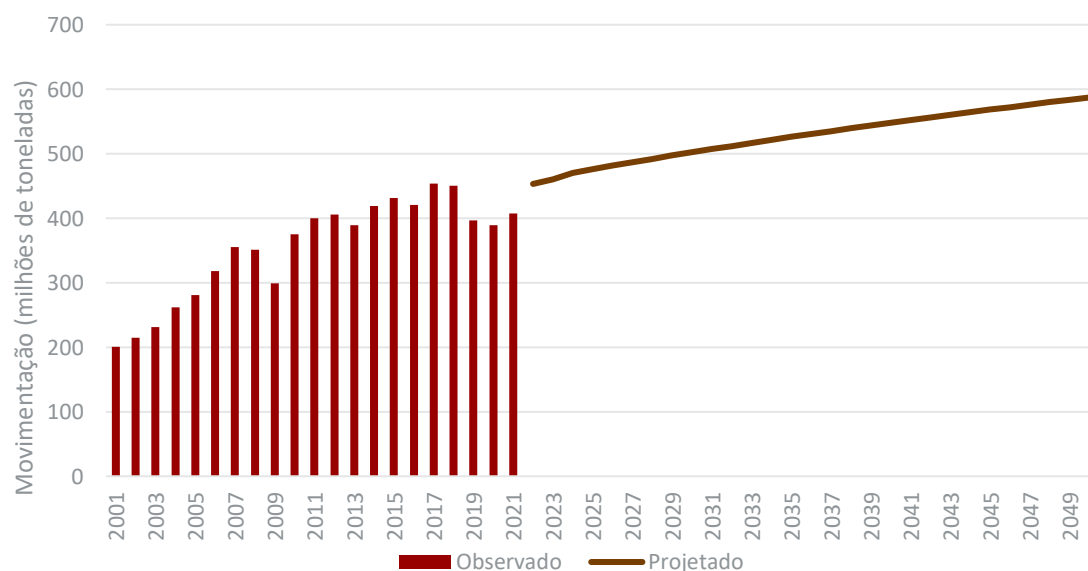
Fonte: 1 – Vale (2015a); 2 – OEC (2022); 3 – OEC (2022); 4 – ANM (2022); 5 – Investing (2022a) e Brasil (2022c).
Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

A Figura 62 apresenta uma série em que se percebe uma discreta elevação dos preços do minério de ferro em 2022 em relação a 2018, porém de 2020 a 2021, o seu preço se elevou sensivelmente, atingindo seu pico de cotação a US\$ 214,5, em junho de 2021. Esse valor é 233% maior do que a menor cotação observada, de US\$ 64,35 em julho de 2018. Também no ano de 2021, o Brasil teve um investimento estimado de R\$ 50 milhões, na fase de lavra da mineração, tendo produzido um total bruto de aproximadamente R\$ 1,22 bilhão, que são os valores mais altos das respectivas séries no período analisado (ANM, 2022).

Além disso, o minério de ferro é o principal minério de exportação do Brasil, o que posiciona o País como o segundo ator mais relevante do mercado no setor, atrás apenas da Austrália. Já as vendas do Brasil concentram-se, em grande medida, direcionadas ao continente asiático, correspondendo por aproximadamente 80% das exportações de minério de ferro em 2020 (OEC, 2020). Em ordem crescente, Japão, Malásia e China foram os três países que mais compraram do Brasil em 2020. Com relação à China, esta responde por mais de 70% do total das exportações, por isso muito do desempenho das exportações brasileiras de ferro está vinculado a oscilações na economia desse país.

Como perspectiva histórica da produção de minério de ferro, o Gráfico 5 evidencia a produção projetada, destacando-se o crescimento significativo no período observado de 3,5% ao ano, em comparação à taxa de 0,9% ao ano para a projeção. A partir da estimativa de demanda, entende-se que nos próximos cinco anos as minas em operação conseguem suprir cerca de 86% da demanda projetada.

Gráfico 5 – Produção observada e projetada de ferro no Brasil



Fonte: Ipea (2022b). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Em contraste ao projetado, a perspectiva do mercado para o minério de ferro é de uma produção com um ritmo mais acelerado de crescimento ao longo dos próximos anos. Isso se deve a algumas iniciativas por parte de *players* importantes do setor, como no caso da Vale, que concentra seus investimentos em ampliação produtiva em consonância com suas oportunidades comerciais. Em 2016, a Vale iniciou o projeto chamado S11D, que previa um aumento sensível na produção do minério de ferro em Carajás (PA). Consequentemente, a sua produção, incluindo Minas Gerais, estava estimada entre 400 e 450 milhões de toneladas por ano até o fim da década de 2010 (GONÇALVES, 2016). Contudo, restrições ambientais e dificuldades de retomada do comércio internacional pós-pandemia resultaram em uma produção mais reduzida nos últimos três ou quatro anos. Não obstante tais dificuldades, em 2022, foi aprovada a licença para a ampliação da mineração no contexto da S11D, elevando a capacidade produtiva em 20 milhões de toneladas por ano (SAMORA; ARAUJO, 2022).

Outra empresa de relevância no setor, a Samarco, voltou a operar com o objetivo de retomar a produção em níveis anteriores à tragédia ocorrida em Brumadinho (MG). A empresa fechou acordo de cooperação com a Vale, em que planejam recuperar em 100% a capacidade produtiva da Samarco até o ano de 2028, dois anos mais cedo do que anteriormente previsto (VASQUES, 2022).

Ainda, a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN Mineração) apresenta planos de ampliação da capacidade produtiva de minério de ferro, inclusive captando recursos internacionalmente para financiar tal expansão. Sua capacidade produtiva atual é de 33 milhões de toneladas por ano e seu plano de negócio é aumentar a produção para 108 milhões até 2033 (ROSTÁS, 2022). Da mesma forma, a empresa Anglo American busca a ampliação de sua capacidade produtiva do minério de ferro através do sistema Minas-Rio 2022, com investimento que pode variar entre US\$ 25 milhões a US\$ 30 milhões. Através do reaproveitamento e dos ganhos de eficiência, a empresa tem perspectiva de um aumento de produção de 700 a 800 mil toneladas de minério de ferro ao ano em Minas Gerais (MACHADO, 2021a).

Já a empresa Bamin planeja um investimento de R\$ 4 bilhões em cinco anos para ampliação de capacidade produtiva e integração logística no oeste da Bahia. A expectativa da empresa é alcançar até 2025 18 bilhões de toneladas de capacidade produtiva anual (MARQUES, 2021).

Por fim, entende-se que há, em relação ao setor de mineração do ferro, expectativas positivas para o aumento do investimento e da produção no médio e longo prazo. Nos anos de 2021 e 2022, o setor ficou combalido, muito por conta das incertezas internacionais e das diversas pressões que o conflito entre Rússia e Ucrânia causaram nas *commodities*, especialmente no preço do minério de ferro (queda de cerca de 27% em agosto de 2022 em

relação ao final de 2021). As expectativas de uma expansão mais rápida e estável da produção do minério de ferro no Brasil estão diretamente associadas à retomada do crescimento e do investimento em infraestrutura na Ásia (especialmente, China), à qualidade do minério de ferro produzido no Brasil e ao custo competitivo desta produção – que decorre da eficiência na extração do minério e da solução logística desde a mina até o porto de destino.

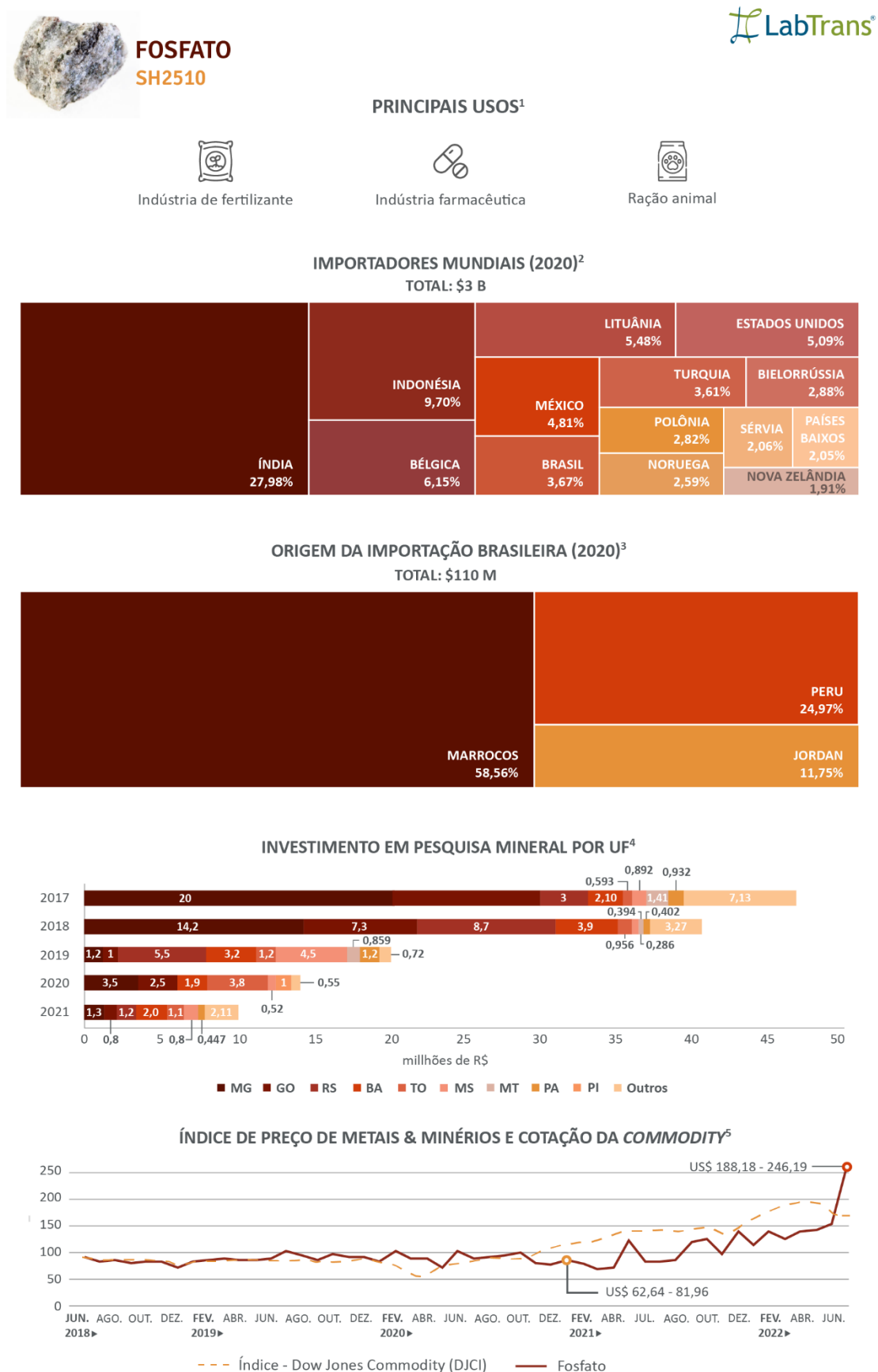
4.1.4 FOSFATO

O fosfato é um insumo na produção de fertilizantes, formando, de modo conjunto com o nitrogênio e o fósforo, a tríade NPK (CRUZ, 2022). De acordo com o Anuário Mineral Brasileiro (ANM, 2021), a produção de fosfato no Brasil concentra-se majoritariamente no estado de Minas Gerais, de onde advém aproximadamente 60% de tudo o que é produzido, seguido por Goiás (28%) e São Paulo (8%). Já no que se refere à importação do minério, cerca de 49% é oriundo de Marrocos. Evidencia-se que a produção interna do minério é substancialmente mais significativa do que a sua importação.

De acordo com a Figura 63, percebe-se que há uma grande variedade de importadores mundiais do minério em questão, sendo o mais significativo desses a Índia, que representa mais de um quarto das importações mundiais. O Brasil é o sétimo maior importador mundial de fosfato, e seus principais parceiros comerciais já são os maiores exportadores do minério no mundo. Marrocos exporta aproximadamente 40% de todo o fosfato mundial, seguido da Jordânia com 16% e da Rússia com cerca de 11%. O Peru é o quinto maior exportador e o segundo país de quem o Brasil mais importa o fosfato. Logo, percebe-se que há uma coerência já estabelecida nas transações desse produto no País com os seus parceiros comerciais.

Com relação aos preços cotados apresentados na Figura 63, percebe-se que houve estabilidade entre os anos de 2018 e 2021, porém é marcante o crescimento que se deu entre abril e junho de 2022, com um aumento de aproximadamente 60% no índice. Diante da realidade apresentada, o oposto se sucede no que se refere aos investimentos em pesquisas do fosfato, diminuindo cerca 78% entre 2017 e 2021 nas UFs. Destaca-se o estado de Minas Gerais que, em 2017, recebia cerca de R\$ 20 milhões em investimento, reduzindo-se paulatinamente, até que, em 2021, recebeu cerca de R\$ 1,3 milhão.

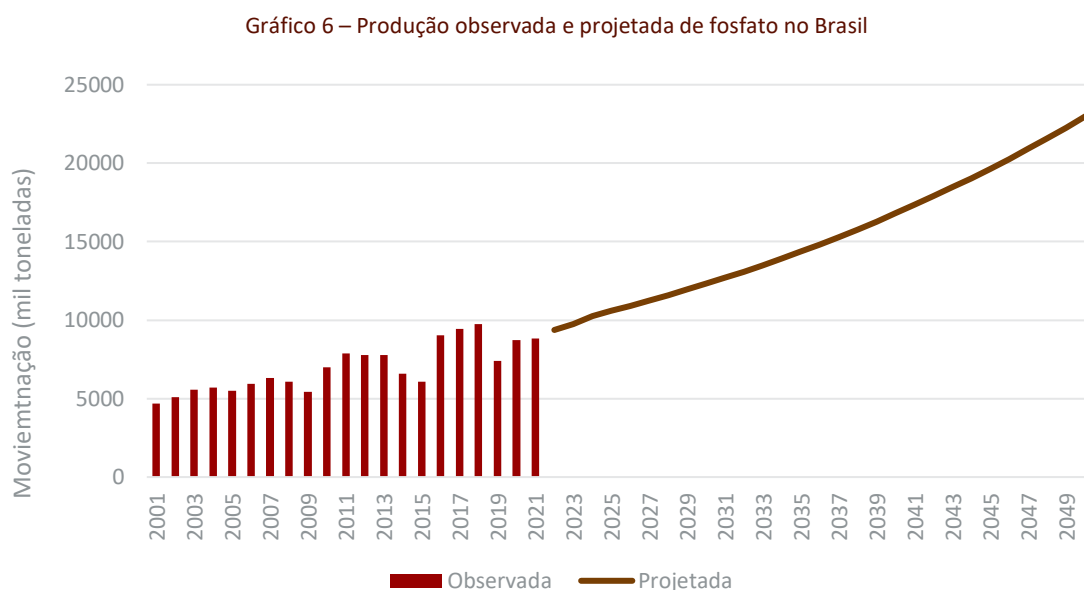
Figura 63 – Dados gerais do mercado de fosfato



Fonte: 1 – Nascimento, Monte e Loureiro (2005); 2 – OEC (2022); 3 – OEC (2022); 4 – ANM (2022); 5 – Investing (2022a) e Brasil (2022c).
Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Vale destacar que, para ser utilizado na indústria de fertilizantes, o fosfato é submetido a diversos processos em sua cadeia produtiva, e, dessa forma, possuir a constituição necessária para sua respectiva utilização. Como igualmente apresentado na Figura 63, o mineral é muito importante também na indústria farmacêutica, bem como na produção de rações destinadas a animais. Posto isso, por ser uma *commodity* diretamente associada à indústria crescente do agronegócio, juntamente com o potássio, não há previsões de quedas significativas na sua demanda nos próximos anos.

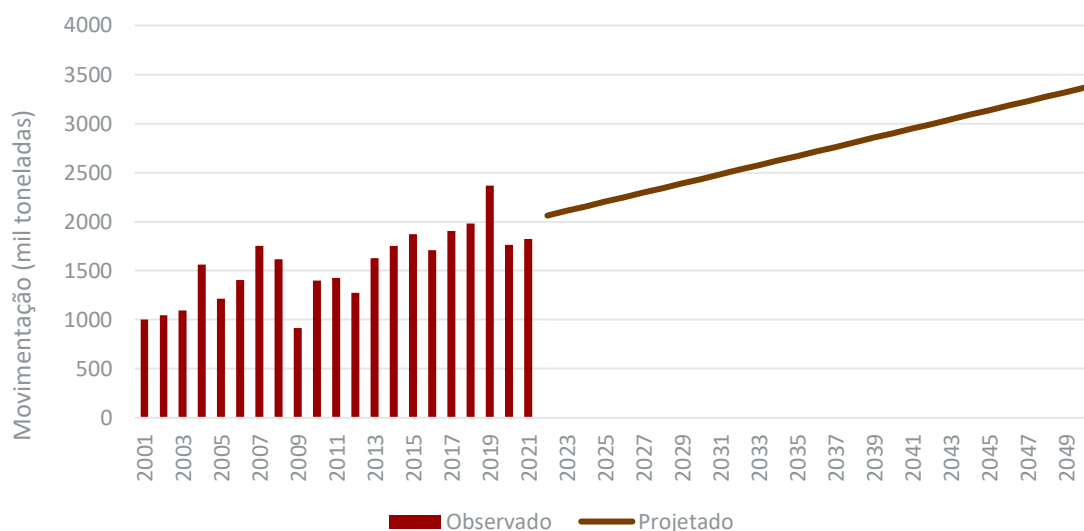
Nesse sentido, com base em evidências histórica de produção, observa-se que, no período de 2001 a 2021, o volume produzido de fosfato no Brasil apresentou uma taxa de crescimento anual de 3,1%, enquanto para o período projetado registra-se uma taxa de crescimento de 3,2% ao ano, assim apresentando congruência. O Gráfico 6 destaca a produção de fosfato tanto para o período observado quanto para o projetado.



Fonte: Ipea (2022d). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Com relação à importação de fosfato, o período observado apresentou uma taxa de crescimento anual de 3,1%, enquanto para o período projetado, o crescimento se mostra mais moderado, com taxa de crescimento anual de 1,8%. O Gráfico 7 apresenta a importação de fosfato para o período observado e projetado.

Gráfico 7 – Importação observada e projetada de fosfato no Brasil



Fonte: Ipea (2022d). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

A distribuição da produção e das reservas de fosfato é relativamente dispersa pelo território nacional. Considerando a elevada importância do fosfato para o setor agrícola, há expectativas de que Mato Grosso do Sul torne-se autossuficiente nos próximos anos. Tal fato se dá devido aos investimentos que visam aumentar a oferta do fertilizante natural pela Edem Mineração. A empresa detém uma mina que opera desde 2018, e o projeto dispõe de reservas calculadas de 11,5 milhões de toneladas localizadas no município de Bonito (SEMAGRO, 2022).

Não obstante isto, evidencia-se o significativo potencial de produção do minério na Serra da Bodoquena (MS). Com teores médios de 12% a 18%, há a expectativa de investimentos de US\$ 50 milhões para a exploração de minas de fosfato na região. Nos mais de 100 mil hectares que se encontram nos municípios de Miranda, Bodoquena e Bonito, estão sendo realizadas pesquisas que indicam reservas de mais de 80 milhões de toneladas do minério nas jazidas da empresa Edem Mineração (REVISTA MINERAÇÃO & SUSTENTABILIDADE, 2022b).

Além disso, a empresa Galvani Fertilizantes pretende aumentar a sua produção de fosfato por ano na fábrica que se localiza em Luís Eduardo Magalhães (BA), e a projeção é de que se dobre a produção para 1,2 milhão de toneladas até 2024. Há ainda outra fábrica em Santa Quitéria (CE), que, com a parceria do Governo Federal, pode passar de 1,05 milhões de toneladas para 2,2 milhões de toneladas em 2026 (DATAGRO, 2022).

De acordo com os estudos do Plano Nacional de Fertilizantes (PNF) (BRASIL, 2022a), é fundamental observar fatores externos ao País e como eles afetam uma positiva independência do Brasil com relação ao setor de fertilizantes. Há fatores que aumentam o risco da dependência

internacional brasileira nesse setor, um exemplo é o cenário internacional conturbado relacionado à guerra entre Rússia e Ucrânia. Eventos dessa magnitude provocam flutuações nos preços internacionais, relacionados a dificuldades de oferta, o que é prejudicial a um país que utiliza fertilizantes em larga escala. Segundo o PNF, o Brasil tem o potencial de se proteger por meio de planos sustentáveis de extração de rocha fosfática em seu território. Isso, por sua vez, permite o uso de seus derivados para a produção de fertilizantes que, a longo prazo, sendo desenvolvidos nacionalmente, podem contribuir para a manutenção competitiva do agronegócio brasileiro no âmbito mundial (BRASIL, 2022a).

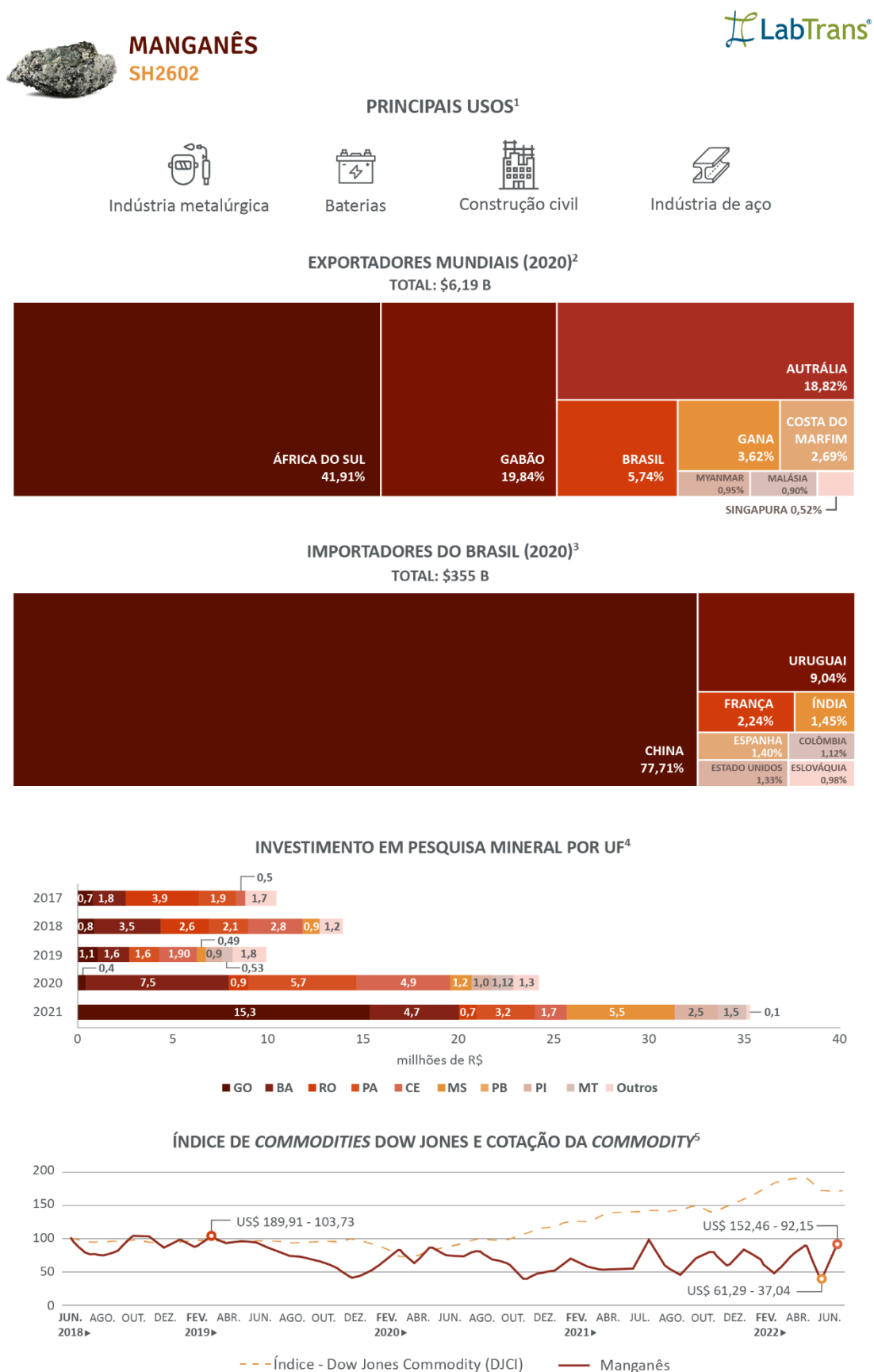
Contribuem para um contexto de redução da dependência de importação de insumos para fertilizantes, além dos projetos mencionados acima, os projetos da empresa Yara em Salitre (MG), da Itafos em Santana (PA) e Arraias (TO), da Aguiá Resources em Três Estradas (RS), da Fosnor-Galvani em Santa Quitéria (CE) e Irecê (BA), e da Edem em Bonito (MS). A previsão é de que se alcance, até 2026, 11,4 milhões de toneladas anuais, o que representa um crescimento de 144,3% da capacidade instalada atual (BRASIL, 2022a).

4.1.5 MANGANÊS

O manganês é um produto relevante na mineração brasileira, sendo o terceiro minério mais exportado, atrás do alumínio (bauxita) e do ferro (BRASIL, [2022]). No Brasil, estão concentradas cerca de 10% das reservas mundiais do minério, ficando apenas atrás da Ucrânia e da África do Sul. A guerra na Ucrânia coloca o Brasil no alvo dos investidores internacionais, aumentando assim a expectativa de demanda pelo manganês nacional (BORGES, 2022).

Como apontado na Figura 64, o manganês possui utilidades que variam desde seu uso na indústria metalúrgica, na construção civil e na indústria de produção do aço, como também na fabricação de baterias em conjunto com o lítio, que têm papel importante na transição energética, indicando, portanto, potencial de crescimento de demanda do minério brasileiro. Concomitantemente, a Figura 64 ilustra os maiores exportadores mundiais do manganês no ano de 2020, dentre os quais o Brasil aparece na quarta posição. No entanto, o País ainda apresenta uma diferença de parcela quase três vezes menor de exportação de manganês, se comparado com a Austrália, que assume a terceira posição.

Figura 64 – Dados gerais do mercado de manganês



Fonte: 1 – Sampaio *et al.* (2008).; 2 – OEC (2022); 3 – OEC (2022); 4 – ANM (2022); 5 – Investing (2022a) e Brasil (2022c).
Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

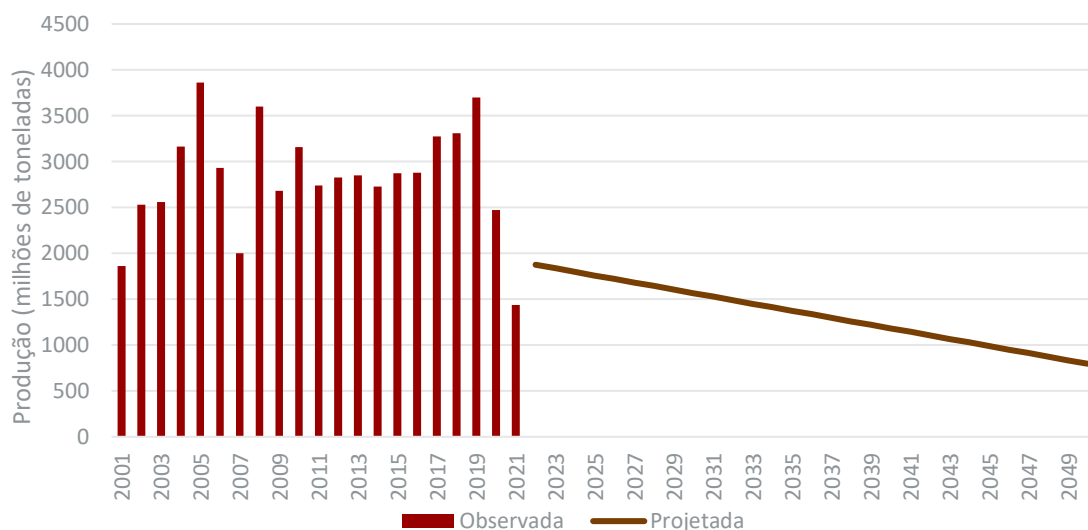
Analisando os destinos do manganês brasileiro, percebe-se a relevância da China, a qual é responsável por mais de 75% de das exportações do minério. Dessa forma, observa-se uma importância estratégica do comércio com a China, em que flutuações nessas transações têm impactos diretos no mercado de manganês brasileiro, cenário visto de forma mais intensa no caso do minério de ferro.

Em conjunto disso, uma questão influente são as variações do preço do minério do mercado mundial. O gráfico da Figura 64, comparando o preço do minério junto com o DJCI, demonstra que o manganês revela variadas oscilações de preços desde meados de fevereiro de 2020 até junho de 2022, estando nesse mesmo período com cotações abaixo do DJCI.

Ao analisar os investimentos em pesquisa no setor mineral brasileiro, é possível perceber uma tendência crescente desde 2019 nos montantes destinados à pesquisa do manganês, chegando a 2021 com um valor investido na pesquisa mineral quatro vezes maior do que 2019, passando de R\$ 8 milhões para R\$ 35 milhões. O estado com maior destaque dentro desses investimentos é a Bahia, sendo considerada um grande potencial para o País no setor mineral, visto que nos últimos anos sua produção tem aumentado consideravelmente, chegando a encerrar o ano de 2021 com 13.781 empregos, com saldo positivo de 1.564 postos de trabalho, o maior registrado nos últimos cinco anos (REVISTA MINERAÇÃO & SUSTENTABILIDADE, 2022a).

Com relação ao que se projeta do volume de produção até 2050, o Gráfico 8, conforme dados e estimativa do Ipea (2022e), aponta um rápido crescimento da produção de manganês entre 2013 e 2019 e uma queda significativa nos últimos dois anos observados (2020-2021) que se estende para o período projetado (2022-2052). Segundo a projeção considerada, em cinco anos, cerca de 63,5% da demanda estimada será suprida pela operação das minas atuais registradas.

Gráfico 8 – Produção observada e projetada de manganês no Brasil



Fonte: Ipea (2022e). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Destaca-se, com relação à produção, que em 2020 foi identificado um possível esgotamento da uma importante mina de manganês, a Mina do Azul, localizada na Serra Norte de Carajás, em Parauapebas, no Pará, que pertence à mineradora Vale. A comissão de valores mobiliários dos EUA, a Security Exchange Commissions (SEC), que regula as operações em bolsa nos EUA, foi informada pela mineradora que a provável exaustão dessa reserva de manganês ocorrerá em 2025, quatro décadas depois de sua abertura (REVISTA MINÉRIOS & MINERALES, 2020).

Por outro lado, a empresa Mineração Buritirama (PA), com novos contratos internacionais de fornecimento de manganês, informou que, no ano de 2021, sua expectativa para os anos seguintes era de uma ampliação da capacidade produtiva, visando atingir a marca de 3 milhões de toneladas do minério. Tal previsão mantém-se positiva para 2022 e nos dois anos seguintes, já que a empresa planeja a ampliação da capacidade produtiva através da transformação de minérios de menor valor em produtos de alto valor agregado. Mesmo com adversidades, incluindo os efeitos da pandemia, a Buritirama prevê que a planta inaugurada para sinterização de manganês em Marabá (PA) elevará a capacidade operacional através do reaproveitamento do rejeito de barragens. Somando-se a isso, destaca-se que a readequação dos seus processos de extração de minério, como a própria sinterização, está nos marcos da Governança ambiental, social e corporativa (ESG, do inglês – *Environmental, social and corporate governance*), o que é bem-visto pelo mercado internacional (EXAME, 2021a; DIÁRIO DO COMÉRCIO, 2022).

Destaca-se também a região de Mato Grosso do Sul, que, segundo a Secretaria de Produção, Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico e Agricultura Familiar (SEMAGRO), tem

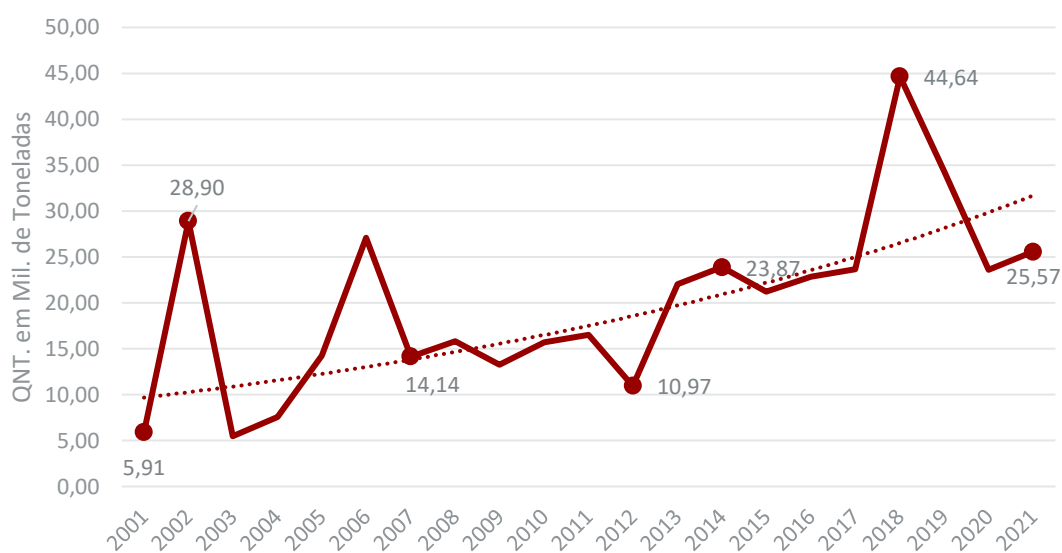
previstos R\$ 5 bilhões em investimentos em mineração até 2024. Serão inversões em instalações, expansões e aprimoramento de empreendimentos no setor, para uma região que se destaca pelo seu manganês de alto teor, acima de 44%, por isso, espera-se que parte desse investimento seja feito para extração do minério. Empresas como a MPP Mineração e a 3A Mining prospectarão áreas para extração futura do minério, com investimentos em torno de R\$ 50 milhões (RODRIGUES, 2022b).

Sobre as perspectivas do manganês, há ações que podem alavancar sua demanda interna e internacional. O Senado Federal, na sua Comissão de Agricultura e Reforma Agrária (CRA), prevê iniciativas para diminuir a dependência do setor de adubos e fertilizantes do solo no Brasil, incentivando processos como o de remineralização dos solos, que é o uso de pó de rochas que contém diversos elementos incluindo o manganês (AGÊNCIA SENADO, 2022a). Já nas exportações, o setor automobilístico prevê aumentar a fabricação de carros elétricos, o que também favorece a demanda internacional por manganês para uso em baterias de alta *performance* (RODRIGUEZ, 2022; AGÊNCIA SENADO, 2022b).

Portanto, há uma perspectiva no Brasil que alia investimentos para a extração do manganês a médio e longo prazo, como investimentos em estados com reservas potencias para o minério (por ex.: Mato Grosso do Sul), a mudanças qualitativas nos setores que visam à sustentabilidade ecológica, como é o caso do setor automobilístico. Da mesma forma, as ESGs são importantes na tomada de decisão para o investimento, pois dialogam com processos produtivos mais sustentáveis financeira e economicamente, a exemplo da iniciativa de reaproveitamento de resíduos de mineração.

Com relação às exportações mundiais do manganês durante o período de 2001 a 2021, o Gráfico 9 apresenta a progressão do comércio internacional do minério, que registrou um crescimento médio de 106,10% no período em questão. A queda percebida em 2018 intensificou-se em 2019 devido ao início da pandemia da covid-19. Estima-se que entre março e abril de 2020 a queda da produção mundial do minério foi de 22% (FASTMARKETS, 2020).

Gráfico 9 – Exportação mundial de manganês



Fonte: UN (2022). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Quanto à participação do mercado brasileiro, segundo o IBRAM (2020b), as exportações de manganês provenientes do Brasil caíram 17% entre 2019 e 2020. Cabe citar que a redução da extração brasileira nesse período foi consequência da suspensão da produção da Mina do Azul, mencionada anteriormente, e à pandemia da covid-19 (IPEA, 2022a).

Dessa forma, entende-se que a capacidade produtiva brasileira de manganês se encontra em um momento em que políticas públicas no setor são necessárias para que haja um estímulo à descoberta de novas minas que sejam capazes de, não somente suprir o mercado interno, como também de expandir as exportações do minério perante as suas altas expectativas de procura para os próximos anos. Investimentos minerais em autorizações de pesquisa e fase de lavra para o manganês são crescentes desde 2019, conforme dados divulgados pela ANM (2022), e as perspectivas quanto às atuais minas do minério – como a Mina do Urucum, em Corumbá, que foi vendida em julho 2022 para a J&F Mineração – apontam que ainda há interesse no manganês brasileiro mesmo após a suspensão da maior mina de extração desse minério no País (J&F INVESTIMENTOS, 2022).

Nesse sentido, as expectativas para o desempenho futuro do manganês no Brasil podem ser positivas à medida que a demanda mundial aponta para um aumento da busca e do consumo do manganês. Embora o esgotamento sinalizado para a maior mina do minério em operação no Brasil (Mina do Azul, em Parauapebas) seja significativo, tal cenário pode ser amenizado ou mesmo revertido a partir da atual tendência de novas requisições, alvarás de pesquisa e requerimentos de licenciamentos que estão sendo emitidos para a exploração do minério de manganês no Brasil.

4.1.6 POTÁSSIO

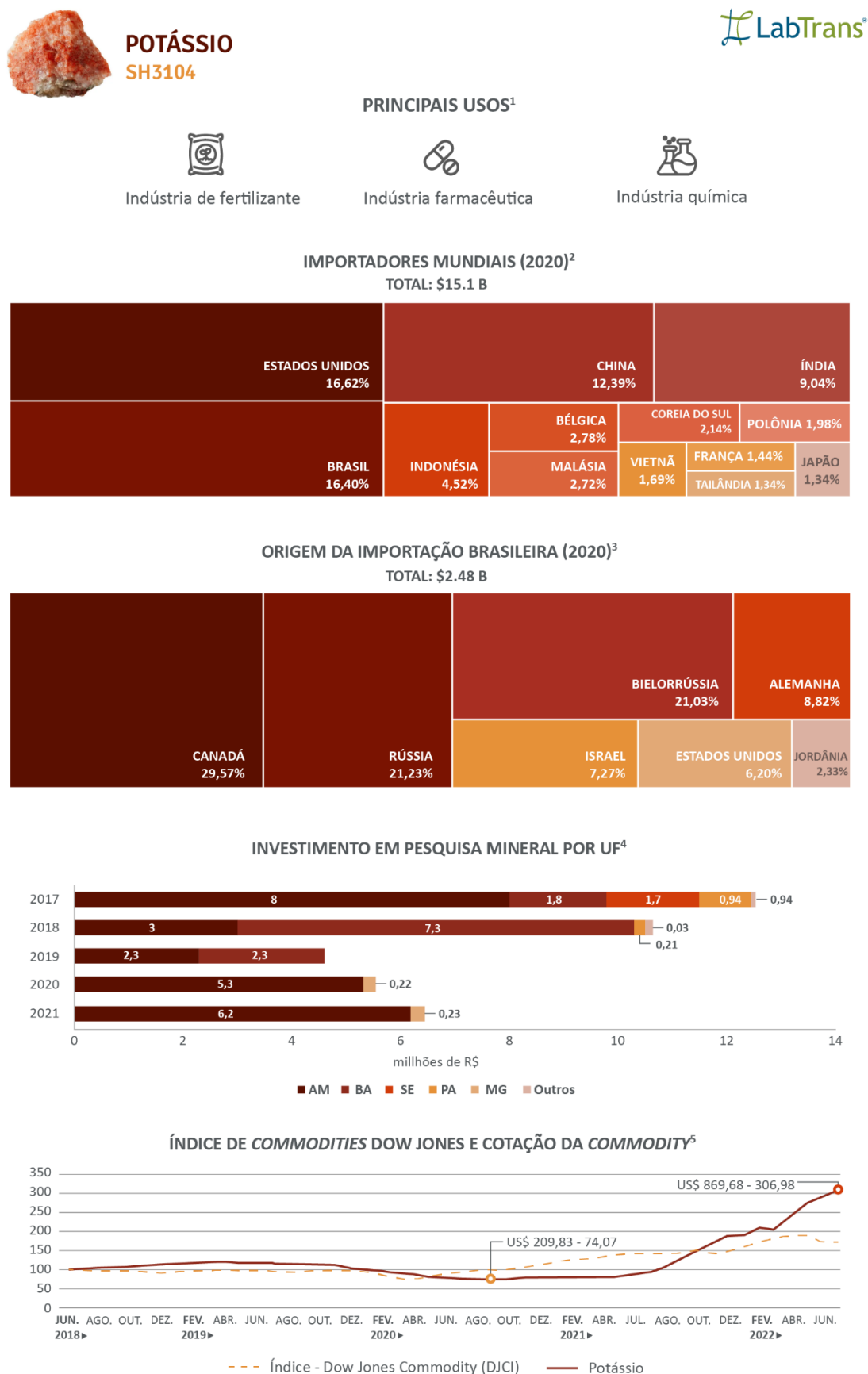
O potássio é um mineral de grande importância para o Brasil, sendo utilizado na produção de fertilizantes, essencial para a agricultura, formando, de modo conjunto com o nitrogênio e o fósforo, a tríade NPK (CRUZ, 2022). Todavia, o País não é autossuficiente no suprimento da demanda pelo produto, necessitando importar uma grande parcela do potássio consumido internamente. O elevado custo para a exploração das jazidas nacionais incentiva que se opte pela importação do potássio, mesmo que o País possua reservas expressivas do mineral, com destaque para os estados de Sergipe, São Paulo e Minas Gerais (ALMEIDA, 2022). Entre os países de origem da importação, destacam-se Rússia e Belarus, ambos envolvidos em conflitos militares iniciados em 2022, o que intensificou a apreensão brasileira em relação à dependência e à vulnerabilidade das importações desse produto (GAZETA DO POVO, 2022).

Conforme dados de produção observada (IPEA, 2022g), em 2021, foram produzidas 367 mil toneladas de potássio no Brasil, enquanto, no mesmo período, foram importadas 12,8 milhões de toneladas do mineral, evidenciando a significativa dependência brasileira do mercado externo. Como apresentado na Figura 65, o Brasil é o segundo maior importador mundial do minério em questão, apenas atrás dos EUA, com uma diferença praticamente irrelevante. Nota-se também que, por mais que haja diversos importadores mundiais, a somatória dos quatro principais equivale a mais de 50% do montante total de importação. Vale destacar, ainda, que os maiores exportadores mundiais de potássio são, respectivamente, Canadá, Rússia, Bielorrússia e Alemanha, sendo estes também as principais origens das importações brasileiras.

Ademais, de acordo com a Figura 65, percebe-se que houve uma relativa estabilidade nos DJCI entre 2018 e 2021, todavia, desde o mês em que o potássio ultrapassou o índice em questão, até junho de 2022, houve um aumento de cerca de 50% nos preços do produto. Já no que refere aos investimentos direcionados para pesquisa mineral, nota-se que o ano de 2017 apresentou os contingentes mais significativos e, em 2019, os investimentos diminuíram cerca de três vezes comparado ao total de dois anos anteriores. Em 2021, o montante direcionado para pesquisa representou cerca de metade do que foi apresentado em 2017.

Bem como o fosfato, o potássio é majoritariamente utilizado na indústria de fertilizantes após passar por sucessivos processos que constituem a sua cadeia produtiva. Entre os demais usos do potássio, destaca-se a sua significativa presença na indústria de fármacos, assim como na indústria química.

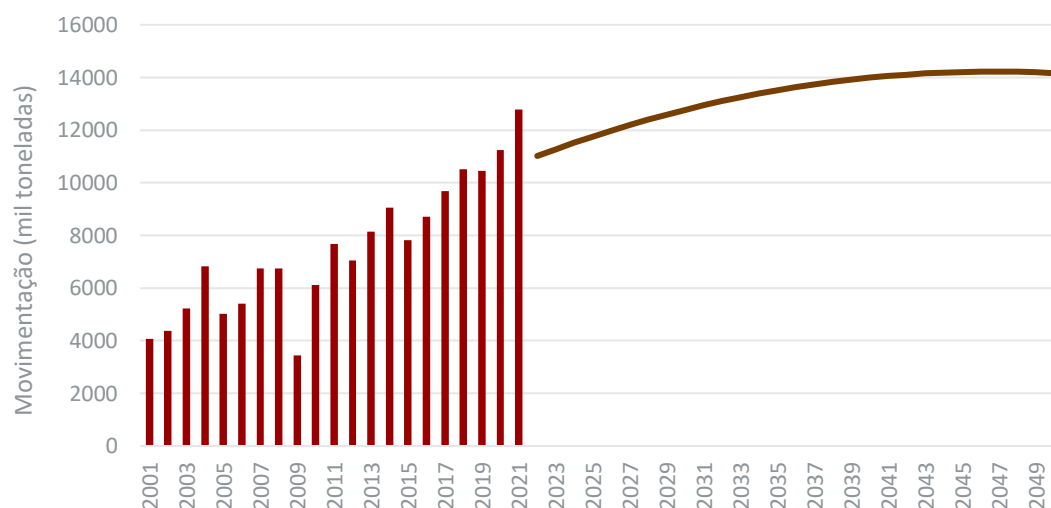
Figura 65 – Dados gerais do mercado de potássio



Fonte: 1 – Nascimento, Monte e Loureiro (2005); 2 – OEC (2022); 3 – OEC (2022); 4 – ANM (2022); 5 – Investing (2022a) e Brasil (2022c).
Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Com relação à projeção de demanda realizada, tem-se destaque o fluxo de importação do potássio, que no período observado apresentou um forte aumento de demanda, com taxas de crescimento de 5,1% ao ano, enquanto para o período projetado é prevista uma certa estabilidade, com taxas de 0,9% ao ano. O Gráfico 9 exibe o volume de importação observada e projetada.

Gráfico 9 – Importação observada e projetada de potássio no Brasil



Fonte: Ipea (2022g). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Diante desse cenário, a Petrobras anunciou que irá vender os seus direitos de mineração no que se refere à pesquisa e ao cultivo de sais de potássio que se encontram na Bacia do Amazonas. A petroleira afirma que a medida adotada está de acordo com os procedimentos de otimização do portfólio e melhora de alocação do capital da empresa, e as etapas subsequentes do projeto serão divulgadas no momento adequado ao mercado. De acordo com um *teaser* divulgado pela petroleira com as principais informações referentes ao ativo, o potencial de produção do cloreto de potássio oriundos de Fazendinha e Arari representam 6% da produção nacional e um terço do consumo por ano de potássio no Brasil. Os direitos minerários concedidos abrangem os alinhamentos Fazendinha-Arari-RUT 1 e Maués-Boa Vista dos Ramos (GAZETA DO POVO, 2022).

Por outro lado, a maior operadora da exploração de potássio no Brasil, a Verde Agritech, em conjunto com a Lavoro, que se destaca no setor de distribuição de bens agrícolas, busca reduzir pela metade a dependência brasileira por importações na medida em que firmam uma parceria que inclui prestação de consultoria e a apresentação do fertilizante nacional para produtores locais. A Verde Agritech, cuja produção se dá no interior de Minas Gerais, também investirá R\$ 275 milhões na construção de uma nova planta, que em 2024 será capaz de cobrir 16,4% de toda a demanda do País (POLO, 2022).

O PNF (BRASIL, 2022a) defende que a condição de grande produtor agrícola e a presente dificuldade de explorar as reservas existentes de potássio configuram um cenário de dependência do Brasil perante o mercado internacional, tendo o País, desde a década de 1980, se tornado o segundo maior importador do mineral. Buscando modificar esse cenário, o PNF prevê que, a partir dos empreendimentos atuais e planejados, em 2035, a oferta nacional será de 8,7 milhões de toneladas de K₂O (óxido de potássio), devido às extrações do Projeto Carnalita em Sergipe, e os de Altares, Fazendinha e Arari, no Amazonas, para que em seguida haja uma continuação dessa expansão, porém em menor ritmo (BRASIL, 2022a).

Por fim, para que se compreendam as possibilidades para a expansão desse mineral, deve-se levar em conta elementos como: a relativa proximidade entre as regiões mais significativas que contêm rochas potássicas e aquelas onde estão os principais polos demandantes de fertilizantes ou centros de escoamento; a perspectiva de integração entre os setores de recursos potássicos, fosfatados e nitrogenados; e a atuação conjunta entre os setores público e privado (incluindo financiamento de pesquisas e institucionalizações para viabilizar operações em larga escala) para a garantia de segurança jurídica e oportunidades para investimentos nesse contexto.

4.2 INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA RELEVANTES PARA O SETOR

Esta seção contempla a identificação de investimentos em infraestrutura de transportes nacional que sejam relevantes para o desenvolvimento do setor mineral.

PLANO PLURIANUAL (PPA) (2020-2023)

O PPA configura o planejamento de médio prazo, que estabelece as prioridades para o Governo Federal por meio de um conjunto de políticas públicas para um período de quatro anos. Os recursos previstos no PPA vigente, 2020-2023, para o setor de transportes, que incluem os programas do transporte aquaviário e do transporte terrestre, atingem o montante de R\$ 83,8 bilhões de reais (BRASIL, 2018a, 2022b).

A análise dos programas previstos no PPA 2020-2023 revela a previsão de significativos investimentos na infraestrutura, incluindo adequação e construção de rodovias; adequações visando à navegabilidade em hidrovias; e adequação de acessos terrestres e aquaviários para instalações portuárias (BRASIL, 2022b).

PROGRAMA DE PARCERIA DE INVESTIMENTOS (PPI)

O PPI foi criado pela Lei nº 13.334, de 2016, com a finalidade de ampliar e fortalecer a interação entre o Estado e a iniciativa privada por meio da celebração de contratos de parceria e de outras medidas de desestatização. Os empreendimentos qualificados no PPI são tratados como prioridade nacional, devendo os órgãos e entidades envolvidos atuarem para que os processos e atos necessários à estruturação, liberação e execução dos projetos ocorram de forma eficiente e econômica (BRASIL, 2018a; PPI, 201-). A carteira de 131 projetos e leilões promovidos pelo PPI entre 2019 e 2021 já assegurou investimentos de R\$ 822,3 bilhões no país para os próximos anos, além do recolhimento de outorgas e bônus de R\$ 148,3 bilhões. Para 2022, estão previstas operações com mais 153 ativos, o que garantirá mais R\$ 389,3 bilhões a serem aplicados em novos projetos (PPI, 2021a).

PRO TRILHOS

O novo marco regulatório do setor ferroviário, instituído pela Lei nº 14.273, de 23 de dezembro de 2021, implementa o regime de outorga por meio de autorização. A alteração da regulamentação possibilita maior liberdade e melhor ambiente de negócios à indústria ferroviária flexibilizando as condições de investimento, tornando-o mais previsível, além de facilitar o reaproveitamento de trechos ferroviários sem operação, bem como a construção de infraestruturas ferroviárias em instalações próprias, de modo a prover melhor integração com fábricas, minerações, instalações portuárias, aeroportos etc. (BRASIL, 2021d, 2022d; BRASIL; EPL, 2021c).

Desde sua instituição, o programa de autorizações ferroviárias, o Pro Trilhos, contabiliza 80 pedidos para construção de ferrovias, totalizando mais de 20 mil quilômetros de novos trilhos e previsão de R\$ 244,6 bilhões em investimentos. Já foram assinados 27 contratos, no valor de R\$ 133,2 bilhões, além de um contrato no âmbito estadual (ABIFER, 2022).

BR DO MAR

O Programa de Estímulo ao Transporte de Cabotagem (BR do Mar) foi criado pela Lei nº 14.301, de 7 de janeiro de 2022, e tem como objetivo incentivar a cabotagem no País, por meio do incentivo à concorrência, redução de custos envolvidos, aumento de oferta, expansão de rotas e equilíbrio da matriz de transportes brasileira (BRASIL, 2022h). O procedimento de habilitação ao programa tornou-se possível com a publicação da Portaria nº 976, de 27 de julho de 2022 (BRASIL, 2022g).

De acordo com o estudo da EPL (BRASIL; EPL, 2021c, p. 97-98), considerando “[...] simplificações trabalhistas, alterações em impostos, redução da burocracia e do tempo da carga e navio parados no porto, [...] o BR do Mar pode gerar reduções de mais de 15% em relação ao valor praticado atualmente nesse transporte”.

A seguir são elencados investimentos em infraestrutura de transporte considerados relevantes para o setor mineral.

FERROVIAS

- **Ferrogrão**

A Ferrogrão, ou EF-170, é um projeto ferroviário de 933 km de extensão que visa conectar Sinop (MT) ao distrito de Miritituba, em Itaituba (PA). Será complementado com dois ramais, um de 11 km de extensão, dentro do município de Itaituba (PA), e outro com 32 km, ligando Itaituba (PA) ao distrito de Santarezinho, em Rurópolis (PA). O investimento previsto é de R\$ 25,2 bilhões e o valor mínimo de outorga foi definido em R\$ 66,48 milhões (ANTT, [2020]). O projeto encontra-se em fase de análise pelo Tribunal de Contas da União (TCU) (ECB, 2020).

A ferrovia pode ser uma alternativa para o transporte de agrominerais importados (fosfato e potássio), que possuem como destino as misturadoras de fertilizantes no norte de Mato Grosso.

- **Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL)**

A FIOL, ou EF-334, é um projeto ferroviário com 1.527 km de extensão, dividido em três trechos (ANTT, 2022b):

Trecho I: possui 537 km de extensão e conecta Ilhéus (BA) a Caetité (BA), está com 75% de execução física da obra. Este trecho está subconcedido à Bamin desde setembro de 2021, com valor de outorga de R\$ 32,73 milhões. O prazo do contrato é de 35 anos (PPI, 2021b).

Trecho II: possui 485,4 km de extensão e conecta Caetité (BA) a Barreiras (BA). Encontra-se em execução, com 45% da obra concluída (ANTT, 2022b).

Trecho III: possui 505 km de extensão e conecta Barreiras (BA) a Figueirópolis (TO). Este projeto está em fase de revisão (ANTT, 2022b).

A ferrovia possui grande relevância para o escoamento da produção de minérios na região de Caetité (BA). Além disso, o transporte de agrominerais com destino à região agrícola, no interior da Bahia, também poderá ser realizado pela FIOL.

- **Ferrovia de Integração Centro-Oeste (FICO)**

A FICO será implantada entre Mara Rosa (GO) e Água Boa (MT), com investimento de R\$ 2,7 bilhões para a construção de 383 km de ferrovia. A linha foi viabilizada com base no mecanismo de investimento cruzado, em que a Vale vai desembolsar integralmente os recursos para construir a nova ferrovia em troca da renovação da concessão da EFVM, operada pela empresa (PPI, 2021c).

A ferrovia estará conectada com a Ferrovia Norte-Sul (FNS) e possibilitará o transporte de produtos minerais, como fosfato e potássio, que são importados para Mato Grosso.

- **Reativação da Malha Oeste**

A reativação dessa ferrovia deve ser feita de Corumbá (MS) até Mairinque (SP), e o investimento pode chegar a R\$ 15 bilhões. A malha foi devolvida pela Rumo e agora passa por um novo processo de concessão. A meta é de que a nova concessionária, aquela que vencer a licitação, faça a revitalização de dormentes e a troca de trilhos, por exemplo, para que se possa escoar minérios e outros produtos (SIQUEIRA, 2022).

A ferrovia é relevante para o escoamento dos minérios de ferro e manganês, bem como para o transporte de potássio e fosfato importados para as misturadoras de fertilizantes do estado de Mato Grosso do Sul. A linha é conectada com a Rumo Malha Paulista até o Porto de Santos e poderá estar vinculada à malha da nova Ferroeste até o Porto de Paranaguá.

- **Ferrovia Estadual Senador Vicente Emílio Vuolo**

Esse projeto da Rumo, de aproximadamente 743 km de extensão, está localizado no estado de Mato Grosso, ligando os municípios de Rondonópolis, Lucas do Rio Verde e Cuiabá. O investimento previsto é de R\$ 12 bilhões, e deve ser entregue em 2025 o trecho até Cuiabá, e em 2028 o trecho até Lucas do Rio Verde (RUMO, [20--]; G1 MT, 2021). A extensão dos trilhos será executada por meio de autorização estadual, de acordo com Lei Complementar nº 685, de 25 de fevereiro de 2021 (MATO GROSSO, 2021).

Com relação ao setor mineral, essa ferrovia torna-se relevante para o transporte dos produtos minerais importados, como o potássio e o fosfato, visto que diversas misturadoras de fertilizantes estão localizadas na região. Além disso, a ferrovia estará conectada com a malha nacional e o Porto de Santos, em São Paulo.

- **Nova Ferroeste**

A obra prevê a ligação por trilhos de Paranaguá (PR) a Maracaju, em Mato Grosso do Sul; um ramal entre Cascavel e Foz do Iguaçu; e um ramal até Chapecó, em Santa Catarina. A linha férrea vai ter mais de 1,5 mil km e o custo total da obra é estimado em R\$ 29,4 bilhões. A previsão é que o empreendimento da nova Ferroeste vá a leilão na Bolsa de Valores de São Paulo (B3) no segundo trimestre de 2022. O vencedor do leilão poderá executar a obra e explorar o trecho por 70 anos (G1 PR, 2021; BRASIL, 2022d).

No âmbito da mineração, a nova Ferroeste é relevante para o transporte dos produtos minerais importados, como o potássio e o fosfato, pois conectará o Porto de Paranaguá às misturadoras de fertilizantes de Mato Grosso do Sul. Ademais, a ferrovia estará conectada à linha da Malha Oeste, podendo ser uma alternativa para o escoamento da produção de minérios de ferro e manganês do estado sul-mato-grossense.

- **Planalto Piauí**

A nova ferrovia que irá ligar Suape, no Pernambuco, à Curral Novo, no Piauí, está sob responsabilidade da companhia Planalto Piauí Participações e Empreendimentos. A linha férrea terá 717 km de extensão e o objetivo principal de transportar minério de ferro, contando com um investimento total de R\$ 5,7 bilhões para todo o projeto de construção a ser realizado (RODRIGUES, 2022a; BRASIL, 2022d).

- **Anápolis – Presidente Kennedy**

O projeto prevê a construção de um eixo ferroviário dividido em duas ferrovias. A primeira extensão ligará o município de Sete Lagoas (MG) ao Porto Central, em Presidente Kennedy (ES), atravessando o Vale do Aço e com um ramal passando por Conceição do Mato Dentro (MG). A segunda etapa estenderia as linhas até à cidade de Anápolis (GO), totalizando 1.326 km de trilhos. O empreendimento foi autorizado para a empresa Macro Desenvolvimento, que estima o investimento de R\$ 32 bilhões (ALMG, 2022; BRASIL, 2022d).

A empresa acredita que o primeiro trecho ampliará as ofertas de transporte, sobretudo de minério, e o segundo atingirá mais o agronegócio e a indústria de fertilizantes, conectando o Centro-Oeste brasileiro, região de grande produção agrícola (ALMG, 2022).

- **Estrada de Ferro Planalto Central, Estrada de Ferro Minas-Espírito Santo e Estrada de Ferro Juscelino Kubitschek**

A Petrocity Ferrovias prevê a construção de três linhas ferroviárias: entre Campos Verdes (GO) e Unai (MG); Brasília (DF) e Barra de São Francisco (ES); e Ipatinga (MG) e São Mateus (ES). Os projetos devem ligar o Planalto Central ao TUP localizado em São Mateus, no Espírito Santo, totalizando 2.048 km de trilhos, com investimento de cerca de R\$ 23 bilhões (RIBEIRO, 2022; BRASIL, 2022d).

O planejamento é atender também à produção mineral e siderúrgica do Vale do Aço. A iniciativa favorece o escoamento de diferentes produtos, entre eles, grãos, fertilizantes, minérios, madeira e rochas ornamentais (RIBEIRO, 2022).

- **Barcarena – Santana do Araguaia**

Esse é um projeto de construção de ferrovia entre Barcarena (PA) e Santana do Araguaia (PA), com conexão entre Rondon do Pará (PA) e Açailândia (MA). A empresa 3G Empreendimentos e Logística obteve a autorização federal para construir a linha com 1.370 km de extensão e com previsão de R\$ 13,70 bilhões em investimentos (BRASIL, 2022d; VILARICANEWS, c2022).

A linha ferroviária é importante para escoar a produção de minérios como manganês, cobre e ferro pelo Porto de Vila do Conde, em Barcarena (PA).

- **Açailândia – Barcarena**

A Minerva Participações e Investimentos S.A será a responsável pela implantação da ferrovia com 571,3 km de extensão entre Açailândia (MA) e Barcarena (PA). O investimento previsto é de R\$ 10,27 bilhões (BRASIL, 2022d; VILARICANEWS, 2022c). A ferrovia estará conectada às malhas da EFC e FNS Tramo Norte.

A linha ferroviária pode ser uma alternativa para o escoamento da produção de minérios como manganês, bauxita, cobre e ferro pelo Porto de Vila do Conde, em Barcarena (PA), bem como para a importação de fosfato e potássio.

- **Estrada Ferro Maranhão**

O projeto estabelece a ligação do Terminal Portuário de Alcântara (MA) ao município de Açailândia (MA). A linha férrea terá conexão com a FNS Tramo Norte e cruzamento com a EFC, sendo projetados R\$ 5,2 bilhões em investimentos (BRASIL, 2022d; EMIR, c2021).

A linha ferroviária pode ser uma alternativa para o escoamento da produção de minérios como manganês, bauxita, cobre e ferro pelo Terminal Portuário de Alcântara (MA), bem como para a importação de agrominerais, como fosfato e potássio.

- **Água Boa – Lucas do Rio Verde**

A ferrovia deve ligar Água Boa à cidade de Lucas do Rio Verde, em Mato Grosso, sendo uma extensão da FICO, com 508 km de extensão. O investimento previsto é de R\$ 6,4 bilhões (ROCHA; DAMASCENO; BARROS, 2021; BRASIL, 2022d). O projeto torna-se relevante para o transporte de agrominerais, como fosfato e potássio.

HIDROVIAS E PORTOS

- **Terminal Portuário de Alcântara**

Situado no município de Alcântara (MA), o terminal portuário multimodal tem possibilidade de retroárea superior a 300 milhões de m², calado natural mínimo de 25 m e acessos ferroviário e hidroviário facilitados. O projeto terá R\$ 9,43 bilhões de investimentos até 2041, e, desse total, R\$ 5 bilhões devem ser aplicados até 2024 para o início da operação (GPM, 2019; HIRATA, 2019).

O projeto prevê, ainda, que o porto em Alcântara tenha capacidade para transportar até 140 milhões de toneladas por ano de minério de ferro, bauxita, manganês, cobre e outros (HIRATA, 2019).

- **TUP de Urussuquara**

Esse terminal fará parte do Centro Portuário de São Mateus (CPSM), um complexo multimodal cujo investimento estimado é de R\$ 3,1 bilhões, caracterizado pelo uso intenso de cabotagem. O projeto com capacidade de movimentação anual de 18,5 milhões de toneladas deve escoar produtos do agronegócio e da mineração (ESPÍRITO SANTO, 2019; PORTO, 2022; PETROCITY, c2022).

Ademais, o centro portuário como um todo possuirá quatro Unidades de Transbordo e Armazenamento de Cargas (Utac), cujo investimento unitário previsto é de R\$ 56 milhões, e uma unidade de carga de alto valor agregado, ambas integradas ao Centro de Controle de Tráfego Ferroviário (CCTF). Haverá ainda uma empresa privada responsável pela gestão e operação do porto (ESPÍRITO SANTO, 2019).

- **Porto Central**

O Porto Central está em implantação em Presidente Kennedy (ES). Seu objetivo é se tornar um complexo portuário industrial no modelo de condomínio portuário, onde as áreas do porto destinadas a terminais ou indústrias são arrendadas para os seus respectivos clientes. O porto prevê a movimentação de cargas por agrupamentos (*clusters*): 1 – óleo, gás, gás natural liquefeito (GNL); 2 – geração de energia; 3 – soja, milho, fertilizantes; 4 – carga geral: siderúrgicos, granito, mármore, veículos, equipamento; 5 – contêineres; 6 – minério de ferro e outros minerais; e 7 – industriais *offshore* (PORTO CENTRAL, [20--]a, [20--]b).

Além do acesso marítimo e rodoviário, o Porto Central prevê integração com ferrovias, assim como o acesso a uma rede de gasodutos (PORTO CENTRAL, [20--]a).

- **Porto Sul**

O complexo portuário Porto Sul tem investimento previsto de R\$ 4 bilhões e será construído e operado pela Bamin, em uma sociedade com o Governo da Bahia. O empreendimento tem todas as licenças ambientais e a obra de implantação foi iniciada. O terminal portuário terá capacidade de até 42 milhões de toneladas, sendo 50% destinada aos minérios da própria companhia e o restante para outras cargas - tais como grãos, fertilizantes, combustíveis e outros bens minerais (BAMIN, c2022).

- **Terminal Portuário de Paratudal e Terminal de Barranco Vermelho**

Os terminais a serem instalados no tramo norte do rio Paraguai, próximo à cidade de Cáceres, na região do Pantanal Matogrossense, devem transportar grãos, fertilizantes a granel, carga geral e contêineres. No terminal de Paratudal a previsão é de movimentar três milhões de toneladas de fertilizantes por ano. Ambos possuem licença prévia emitida para a instalação (HIDROVIA, c2022).

- **Dragagem e derrocamento da via navegável do rio Tocantins**

O projeto prevê obras de dragagem e derrocamento do rio Tocantins entre Marabá (PA) e Baião (PA), o que tornará a navegação segura até Vila do Conde (Barcarena/PA) e possibilitará a conexão em seu curso com as malhas ferroviárias e rodoviárias brasileiras, formando um corredor multimodal (PPI, [2019]).

Ademais, a execução das obras é determinante para a atração de novos investimentos, tais como a instalação de novos portos, que possibilitarão condições de logística com planejamento, eficiência e benefícios em custo de transporte, além de possuir potencial de dinamização da produção rural dos municípios que margeiam o rio Tocantins, permitindo o escoamento desses produtos pela nova Via Navegável, e de possibilitar a plena operação da eclusa da Usina Hidrelétrica (UHE) Tucuruí, que hoje se encontra subutilizada (PPI, [2019]).

- **Barra norte do Rio Amazonas**

Está prevista a implantação de um sistema de calado dinâmico na barra norte do Rio Amazonas. O sistema integrado de coleta e processamento de dados calcula o quanto um navio pode aumentar o seu volume submerso, sem risco de encalhe, considerando informações como os intervalos de maré, entre outras. Esse dado é fundamental para ampliar o carregamento das embarcações, pois a barra norte é um trecho raso e lamoso de 24 milhas na foz do Rio Amazonas, que delimita o calado (parte submersa) de todos os navios na Bacia Amazônica (CONAPRA, c2022).

4.3 AÇÕES POLÍTICAS

São elencadas, nesta seção, ações políticas que podem otimizar a logística do transporte do setor mineral, considerando o potencial de expansão da indústria mineral brasileira, assim como as expectativas de produção e de demanda dos seis minérios analisados neste estudo. Como destaque de ações relevantes ao MME, tem-se o incentivo à **melhoria da infraestrutura** e ao aumento da capacidade **ferroviária e portuária**, assim como à **integração vertical** entre os setores da cadeia logística.

RODOVIAS

- I. Fomentar o investimento na manutenção, na restauração, na sinalização e na operação das rodovias, considerando a capilaridade do modal e a sua relevância em relação à integração com outros modais, principalmente na *first mile* do transporte de minérios menos volumosos, bem como a necessidade de uso do modal em regiões onde a implementação de infraestrutura ferroviária e aquaviária não é viável.
 - Nesse sentido, vale acompanhar os procedimentos contratuais de relitações, tanto para a execução de obras em atraso como de trechos rodoviários devolvidos, bem como as alterações trazidas através da Lei nº 14.133/2021 (BRASIL, 2021c) e os planos de outorga elaborados aos pacotes de concessões estimados pelo PPI. Podem ser avaliadas, nesse campo, as obrigatoriedades de investimentos nos acessos portuários, que se encontram saturados em algumas regiões (ANTT, 2022c).
- II. Incentivar a fiscalização eficiente dos serviços de transporte rodoviário, a fim de mitigar o tráfego de veículos com sobrepeso nas vias e a consequente degradação destas.
 - Observa-se que essa questão poderia ser viabilizada com a ampliação da implementação dos sistemas de controle de pesagem dinâmica na movimentação de cargas, principalmente por meio das ações do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2016) em torno dos Postos Integrados Automatizados de Fiscalização (PIAFs).
 - Além disso, uma iniciativa junto com as empresas do setor para a implementação de balanças na origem da rota, isto é, um controle de peso dos caminhões antes de a carga ir para as estradas, pode contribuir para mitigar os problemas das vias.

FERROVIAS

- I. Incentivar, em conjunto com o órgão competente, a realização de estudos de aumento de capacidade e de melhorias das linhas ferroviárias existentes, bem como a identificação e a revitalização de trechos que estão subutilizados ou abandonados para uso do transporte de minérios.
 - Nota-se que a maioria das principais rotas de transporte de minérios com maior impacto na rede de infraestrutura já utiliza o modal ferroviário. Atualmente, em muitos trechos das ferrovias também é identificada uma demanda excedente, como entre as minas de Minas Gerais e os portos do Rio de Janeiro e do Espírito Santo.
 - Além disso, observa-se que os grandes projetos e investimentos minerários previstos estão localizados, em geral, próximos às minas existentes. Assim, as rotas futuras principais continuarão utilizando a infraestrutura ferroviária disponível, necessitando de um aumento da sua capacidade para o transporte dos produtos. Ressalta-se que o custo de transporte de mercadorias estimado por ferrovia no Brasil é de 30% a 40% menor que o rodoviário, uma vantagem que também é verificada em outros países, como a Austrália, onde, em média, o custo ferroviário é 20% inferior ao modal rodoviário (ZAPAROLLI, 2022; ARTC, 2008). Além de custos menores, as ferrovias possibilitam a redução do uso de caminhões em rodovias, diminuindo consequentemente os impactos ambientais e o número de acidentes, bem como a degradação das rodovias. Isso evidencia a importância do estímulo ao uso do modal ferroviário para o transporte de minérios, principalmente aprimorando a qualidade e a capacidade das vias existentes.
- II. Impulsionar projetos ferroviários com foco no desenvolvimento logístico mineral e na integração da rede de transportes, tendo em vista o destaque do modal na maior eficiência do transporte de grandes volumes de minérios e em distâncias mais longas.
 - A implantação de novas ferrovias também se torna relevante para o setor mineral, principalmente nas regiões Norte e Centro-Oeste, no transporte de agrominerais, como fosfato e potássio. Além disso, identifica-se que a construção de conexões ferroviárias (na *first mile*) entre as minas e as linhas ferroviárias existentes é importante para otimizar o transporte de minérios, ao evitar o uso do modal rodoviário e os custos com transbordo. Nesse sentido, a flexibilização da regulação por meio de autorizações, ao facilitar a participação da iniciativa privada, pode contribuir para o aumento dessas conexões.
- III. Fomentar, com o órgão competente, ações que possibilitem o acesso de terceiros, por meio de direito de passagem ou tráfego mútuo, de forma mais facilitada e a preços adequados à malha ferroviária concedida ou autorizada.
 - A existência de diferentes empresas gestoras das linhas ferroviárias não deve inibir o compartilhamento das vias, necessário ao tráfego competitivo de minérios no modal ferroviário. Assim, é importante que o acesso de diferentes empresas à malha ocorra de forma adequada, evitando o monopólio dos serviços.
- IV. Acompanhar a regulamentação da Lei nº 14.273, de 23 dezembro de 2021, a qual estimula a retomada da operação de trechos ociosos e o desenvolvimento de novos projetos ferroviários, além de facilitar investimentos por meio da adoção do modelo de autorizações (BRASIL, 2021). Deve-se atentar, também, às legislações estaduais que avançam no sentido de autorizar ferrovias sob seus limites territoriais.
- V. Acompanhar as análises de prorrogação antecipada dos contratos de concessão das operações ferroviárias e estimular a utilização de Parceria Público-Privadas (PPPs), visando ao compartilhamento de risco e de alavancagem de recursos.

HIDROVIAS, CABOTAGEM E PORTOS

- I. Incentivar investimentos no aumento da capacidade das instalações portuárias e na melhoria da produtividade do sistema portuário para atender às demandas de minérios.
 - Gargalos gerados pela falta de capacidade portuária podem causar perdas e atrasos na distribuição dos produtos. Desse modo, é importante que as instalações portuárias, principalmente as que possuem vocação para o transporte mineral de longo curso, que não possuem restrição de calado e que se encontrem mais próximas às reservas minerais, otimizem suas operações, aumentando a capacidade para receber os produtos do setor mineral.
- II. Estimular investimentos para a adequação dos acessos aquaviários e das instalações de atracação à demanda de navios.
- III. Acompanhar a regulamentação da Lei nº 14.301, de 7 de janeiro de 2022, a qual instituiu o Programa de Estímulo ao Transporte por Cabotagem (BR do Mar) (BRASIL, 2022f), que visa reduzir os custos operacionais do transporte nesta modalidade, a fim de incentivar a maior participação deste modo de transporte na movimentação de minérios.

GERAIS

- I. Observar possíveis mecanismos de integração entre projetos minerários, ferroviários e portuários, a fim de possibilitar vantagens competitivas.
 - A integração vertical a jusante, quando o controle se dá à frente na cadeia produtiva, isto é, na distribuição ou na transformação dos produtos e serviços produzidos pela empresa, pode possibilitar vantagens competitivas no setor mineral, como na redução dos custos, no maior controle sobre prazos de entrega, além de expandir a capacidade produtiva das mineradoras (CUTRIM; DIAS; ROBLES, 2013).
 - A verticalização da cadeia logística mineral no Brasil, em que a empresa conecta suas minas aos portos próprios de exportação, por meio de suas próprias ferrovias, torna-se uma estratégia de concorrência no mercado global altamente competitivo. No caso do minério de ferro, por exemplo, o produto brasileiro precisa compensar as maiores distâncias da Ásia, principal mercado mundial, em comparação com outros fornecedores localizados mais próximos, como os do continente australiano (CUTRIM; DIAS; ROBLES, 2013). Na Austrália, as principais companhias mineradoras detêm e operam as maiores ferrovias da região de Pilbara, que são utilizadas no escoamento dos polos de mineração até os portos, onde também são proprietárias de instalações portuárias. Para as mineradoras australianas, a integração vertical entre os setores também é essencial à manutenção da cadeia produtiva (MCELVENEY; CRUSE, 2014).
 - Nesse contexto, para além das vantagens possibilitadas às mineradoras, deve-se atentar também para as questões concorrenciais, a fim de garantir que as ferrovias e os portos possam ser utilizados por outros interessados, inclusive empresas concorrentes, contribuindo tanto com o desenvolvimento do setor mineral quanto de outros setores da economia.
- II. Incentivar a multimodalidade por meio de ações voltadas ao aumento da participação dos operadores multimodais no transporte de minérios, a fim de estimular uma integração vertical do sistema com o intuito de reduzir custos.
 - O transporte multimodal possibilita um melhor uso das condições de transporte disponíveis e de modais eficientes, com foco na diminuição dos custos e na maior centralização da responsabilidade em um único operador de transporte (NALIATI; ALMEIDA; FONSECA, 2019). Assim, a fim de evitar o uso exclusivo do modal rodoviário para o transporte de minérios, e na impossibilidade de utilizar integralmente outros modais com mais vantagens no transporte de grandes volumes por grandes distâncias, a multimodalidade torna-se significativa. A título de exemplo, na rota de alumínio (bauxita) entre Barro Alto (GO)-Alumínio (SP), o custo do transporte realizado exclusivamente pelo modal rodoviário chega a ser três vezes maior que o transporte rodoferroviário.

- III. Estar alinhado com os projetos e as perspectivas do setor do agronegócio, a fim de otimizar os investimentos em infraestrutura, visto que o transporte dos dois setores possui uma logística similar.
- IV. Elaborar e garantir mecanismos legais que propiciem o reinvestimento da Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM) recebida pelos estados na recapacitação da infraestrutura atual, observando-se as diretrizes de políticas públicas previamente concebidas.
- V. Manter, como ferramenta continuada, bases de dados atualizadas de produção, demanda e suas projeções, além de estudos de mapeamento de rotas, a fim de facilitar as análises do setor e manter o ministério sempre atualizado.

REFERÊNCIAS

ABREU, A. Um terço das ferrovias do país está inutilizada, aponta CNI. **Agência CNI de notícias**, [s. l.], 7 jun. 2018. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/infraestrutura/um-terco-das-ferrovias-do-pais-esta-inutilizada-aponta-cni/>. Acesso em: 9 set. 2022.

AFONSO, J. C. Manganês no Brasil: descoberta, extração, consumo e comercialização numa perspectiva histórica. **Química Nova**, São Paulo, v. 42, n. 10, 2019. ISSN 1172-1183. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/mwwH356jhkCSdbpsNHtvNLr/?lang=pt>. Acesso em: 29 jul. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Anuário Mineral Brasileiro Interativo**: 2022. Brasília, DF: ANM, 2022. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZTRkNjI3MWEtMGtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2liwidCI6ImEzMDgzZTlxLTc0OWltNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=a%20ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a>. Acesso em: 24 ago. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Anuário Mineral Brasileiro**: principais substâncias metálicas. Brasília, DF: ANM, 2021. 23 p. *E-book*. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/amb-2021-ano-base-2020.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). Sistema Eletrônico de Informações (SEI). **sei!** Pesquisa Pública. [Brasília, DF], [2022]. Disponível em: https://sei.anm.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_processo_exibir.php?iI3OtHvPARlTY997V09rhsSkbDKbaYSycOHqF2xsM0laDkKkEyJpus7kCPb435VNEAb16AAxmJKUdrsNWVIqQ8gavtTSkOQJX0kWHu5aFVWq2vxEVO-cOGrXYEFcpt4B. Acesso em: 20 jun. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Sumário Mineral 2017**. Brasília: ANM, 2019. v. 37. *E-book*. ISSN 0101-2053. Disponível em: https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumariomineral_2017. Acesso em: 28 jul. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (ANTAQ). **Estatístico Aquaviário 2.1.4**. Brasília, DF, 2022. Disponível em: <http://ea.antaq.gov.br/QvAJAXZfc/pendoc.htm?document=painel%5Cantaq%20-%20anu%C3%A1rio%202014%20-%20v0.9.3.qvw&lang=pt-BR&host=QVS%40graneleiro&anonymous=true>. Acesso em: 30 jun. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). **ANTT altera tarifas de pedágio da BR-163/MT**. Brasília, DF, 11 ago. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/antt-altera-tarifas-de-pedagio-da-br-163-mt>. Acesso em: 8 set. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). **Anuário do Setor Ferroviário**. [Brasília, DF], 2022a. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/anuario-do-setor-ferroviario>. Acesso em: 20 jun. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). Centro Nacional de Supervisão Operacional (CNSO). **Localização das praças de pedágio**. [Brasília, DF], [20-]. Disponível em: https://cnso-estrategico.antt.gov.br/SASReportViewer/?reportUri=%2Freports%2Freports%2Fcd04044e-f1f9-4cac-b685-97edc7b4a3bc&page=vi173&sso_guest=true&printEnabled=false&shareEnabled=false&informationEnabled=false&commentsEnabled=false&alertsEnabled=false&reportViewOnly=true&reportContextBar=false. Acesso em: 9 set. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). **Dutovias**. [Brasília, DF], c2018. Disponível em: <http://geo.antt.gov.br/sitedutovias/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). **EF-334 - FIOLE II e FIOLE III**. Brasília, DF, 13 ago. 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ferrovias/novos-projetos-ferroviarios/ef-334-fioli-ii-e-fioli-iii>. Acesso em: 16 set. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). **FCA vai desativar ferrovia entre Três Rios e Além Paraíba/MG**. Brasília, DF, 18 set. 2022c. Disponível em: https://portal.antt.gov.br/ar/resultado/-/asset_publisher/m2By5inRuGGs/content/id/170162. Acesso em: 9 set. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). **Ferrogrão – EF-170**. Brasília, DF, [2020]. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ferrovias/novos-projetos-ferroviarios/ferrograo-ef-170>. Acesso em: 16 set. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). **Sistema de Acompanhamento e Fiscalização do Transporte Ferroviário (SAFF)**. Brasília, DF, [2022]. Disponível em: <https://appweb1.antt.gov.br/saff/Account/Login>. Acesso em: 18 mar. 2022. Acesso restrito.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). **Tabelas Excel**. Brasília, DF, 20 out. 2022d. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ferrovias/anuario-do-setor-ferroviario/arquivos-tabelas-excel>. Acesso em: 19 out. 2022.

AGÊNCIA SENADO. Melhoria de solos por remineralizadores é tema de debate na CRA. **Senado Notícias**, Brasília, DF, 22 abr. 2022a. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2022/04/22/melhoria-de-solos-por-remineralizadores-e-tema-de-debate-na-cra>. Acesso em: 14 ago. 2022.

AGÊNCIA SENADO. Pesquisadores defendem remineralização como opção a fertilizantes importados. **Senado Notícias**, Brasília, DF, 28 abr. 2022b. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2022/04/28/pesquisadores-defendem-remineralizacao-como-opcao-a-fertilizantes-importados>. Acesso em: 14 ago. 2022.

ALCOA. **Alumar retoma a produção de alumínio com a partida da fábrica de Redução**. [Pittsburgh], 22 abr 2022. Disponível em: <https://www.alcoa.com/brasil/pt/news/releases?id=2022/04/alumar-retoma-a-producao-de-aluminio-com-a-partida-da-fabrica-de-reducao&year=y2022>. Acesso em: 24 ago. 2022.

ALMEIDA, P. Brasil tem reservas de potássio para abastecer agricultura até 2100, diz pesquisa. **CNN Brasil**, Rio de Janeiro, 9 mar. 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/brasil-tem-reservas-de-potassio-para-abastecer-agricultura-ate-2100-diz-pesquisa/>. Acesso em: 24 ago. 2022.

AMORA, D. Dificuldade de movimentação da Vale na Ponta da Madeira amplia pressão por novo porto no Maranhão. **Portal da INFRA**, [Brasília, DF], 29 mar. 2021. Disponível em: <https://www.agenciainfra.com/blog/dificuldade-de-movimentacao-da-vale-na-ponta-da-madeira-amplia-pressao-por-novo-porto-no-maranhao/>. Acesso em: 19 maio 2022.

ANDRADE, M. L. A. de *et al.* **A cadeia produtiva do cobre: panorama internacional e nacional**. Rio de Janeiro: BNDES, 1997. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/13441/3/BS%2006%20A%20cadeia%20produtiva%20do%20cobre_P_BD.pdf. Acesso em: 18 ago. 2022.

ANGELO, M. Trilhos da maior mina de ferro do mundo impactam a vida de comunidades pobres no Maranhão. **Mongabay**, [s. l.], 2 jun. 2022. Disponível em: <https://brasil.mongabay.com/2022/06/trilhos-da-maior-mina-de-ferro-do-mundo-impactam-a-vida-de-comunidades-pobres-no-maranhao/>. Acesso em: 8 set. 2022.

ANGLO AMERICAN. **Mineroduto do Sistema Minas-Rio conta com mais de 133 mil toneladas de aço e 44 mil tubos**. [Londres], 18 dez. 2014. Disponível em: <https://brasil.angloamerican.com/pt-pt/imprensa/noticias/year2014/18-12-2014>. Acesso em: 8 set. 2022

ANUÁRIO REVISTA FERROVIÁRIA. São Paulo: Ed. Ferroviária, ano 9, n. 9, 2021.

ARRMAZ. **Fertilizantes de fosfato – DAP, MAP, TSP & SSP**. Duque de Caxias, c2022. Disponível em: <https://arrmaz.com/pt-br/industrias/fertilizante/dap-map-tsp-ssp/>. Acesso em: 28 jul. 2022.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE MINAS GERAIS (ALMG). Empresa planeja instalar nova ferrovia em Minas. **ALMG**, Belo Horizonte, 2 jun. 2022. Disponível em: https://www.almg.gov.br/acompanhe/noticias/arquivos/2022/06/02_pro_ferrovias_conceicao_mato_dentro. Acesso em: 9 set. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA FERROVIÁRIA (ABIFER). **ABIFER lembra o primeiro ano do Pro Trilhos**. [São Paulo], 1 set. 2022. Disponível em: <https://abifer.org.br/abifer-lembra-o-primeiro-ano-do-pro-trilhos/#:~:text=De%20acordo%20com%20o%20Minist%C3%A9rio,R%24%20244%2C6%20bilh%C3%B5es>. Acesso em: 9 set. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO (ABAL). A ABAL. **Empresas Associadas**. São Paulo, c2019a. Disponível em: <https://abal.org.br/a-abal/novo-associadas/>. Acesso em: 18 ago. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (ABAL). **ABAL na Mídia: “A mineração da bauxita é pop”**. [São Paulo], 13 maio 2019. Disponível em: <https://abal.org.br/noticia/abal-na-midia-a-mineracao-da-bauxita-e-pop/>. Acesso em: 24 ago. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO (ABAL). **Alumínio**: cadeia primária. São Paulo, [2019]. Disponível em: <https://abal.org.br/aluminio/cadeia-primaria/>. Acesso em: 17 ago. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO (ABAL). Estatísticas: nacionais. **Alumina**. São Paulo, c2019b. Disponível em: <https://abal.org.br/estatisticas/nacionais/alumina/>. Acesso em: 18 ago. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO (ABAL). Estatísticas: nacionais: alumínio primário. **Produção por Usina**. São Paulo, c2019c. Disponível em: <https://abal.org.br/estatisticas/nacionais/aluminio-primario/producao-por-usina/#>. Acesso em: 18 ago. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COBRE (ABCOBRE). **Parceiros do Cobre**. São Paulo, c2022. Disponível em: <http://abcobre.org.br/parceiros-do-cobre/>. Acesso em: 18 ago. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FERROLIGAS E SILÍCIO METÁLICO (ABRAFE). **Sobre a Abrafe**. Belo Horizonte, c2022. Disponível em: <https://abrafe.ind.br/abrafe/sobre-a-abrafe>. Acesso em: 29 jul. 2022.

ASSOCIAÇÃO DOS MISTURADORES DE ADUBO DO BRASIL (AMA BRASIL). **Quem somos**. São Paulo, 2022. Disponível em: <http://amabrasil.agr.br/>. Acesso em: 29 jul. 2022.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS (ANTF). **Informações gerais**. Brasília, DF, c2022. Disponível em: [https://www.antf.org.br/informacoes-gerais/#:~:text=Em%202021%2C%20foram%20371%2C4,TKU\)%20%E2%80%94%20per%C3%ADodo%20pr%C3%A9%20pandemia](https://www.antf.org.br/informacoes-gerais/#:~:text=Em%202021%2C%20foram%20371%2C4,TKU)%20%E2%80%94%20per%C3%ADodo%20pr%C3%A9%20pandemia). Acesso em: 9 set. 2022.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (ANDA). **Empresas Associadas**. São Paulo, [202-]. Disponível em: <http://anda.org.br/empresas/>. Acesso em: 2 set. 2022.

AUSTRALIA. Transport Logistics (TransIT). **Supply Chain Transport and Logistics Dashboard**. [Cambera], 2022. Disponível em: <https://benchmark.transit.csiro.au/>. Acesso em: 5 out. 2022.

AUSTRALIAN RAIL TRACK CORPORATION (ARTC). **New Research Shows Rail Cheaper Than Trucks**. Adelaide, 2008. Disponível em: <https://www.artc.com.au/2008/05/14/2008-05-14-101405/>. Acesso em: 13 out. 2022.

AVENA, A. A FCA está engabelando a Bahia. **A Tarde**, [s. l.], 14 jul. 2022. Disponível em: <https://atarde.com.br/colunistas/armandoavena/a-fca-esta-engabelando-a-bahia-1200598>. Acesso em: 7 set. 2022.

BACANI, L. COVID-19 Mining Impacts: Mining Projects With At-Risk Production. **S&P Global**, New York, 13 July 2020. Disponível em: <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/blog/covid19-mining-impacts-mining-projects-with-at-risk-production>. Acesso em: 29 ago. 2022.

BAMIN encerrará ano com produção de um milhão de toneladas de minério de ferro. **Notícias de Mineração Brasil**. [S. l.], 28 dez. 2021. Disponível em: [https://www.noticiasdemineracao.com/produ%C3%A7%C3%A3o/news/1423932/bamin-encerrar%C3%A1-ano-com-produ%C3%A7%C3%A3o-de-um-milh%C3%A3o-de-toneladas-de-minerio-de-ferro#:~:text=A%20Bahia%20Minera%C3%A7%C3%A3o%20\(Bamin\)%20deve,do%20Porto%20Sul%2C%20em%20lh%C3%A9us](https://www.noticiasdemineracao.com/produ%C3%A7%C3%A3o/news/1423932/bamin-encerrar%C3%A1-ano-com-produ%C3%A7%C3%A3o-de-um-milh%C3%A3o-de-toneladas-de-minerio-de-ferro#:~:text=A%20Bahia%20Minera%C3%A7%C3%A3o%20(Bamin)%20deve,do%20Porto%20Sul%2C%20em%20lh%C3%A9us). Acesso em: 6 set. 2022.

BAHIA MINERAÇÃO S.A. (BAMIN). Bamin. **Porto**. Salvador, c2022. Disponível em: <https://www.bamin.com.br/porto.php>. Acesso em: 14 set. 2022.

BARBO, A. R. de C. A evolução da regulação nas rodovias federais concedidas. **Revista ANTT**, v. 2, n. 2, nov. 2010. Disponível em: http://appweb2.antt.gov.br/revistaantt/ed3/_asp/ed3-artigosEvolucao.asp. Acesso em: 9 set. 2022.

BARRÍA, C. Por que cobre mais barato é mau sinal para economia global. **BBC News Mundo**, [s. l.], 26 jul. 2022. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/bbc/2022/07/26/por-que-cobre-mais-barato-e-mau-sinal-para-economia-global.htm>. Acesso em: 24 ago. 2022.

BORGES, A. China é o destino de mais da metade da produção brasileira de manganês. **Estadão**, São Paulo, 18 abr. 2022. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2022/04/china-e-o-destino-de-mais-da-metade-da-producao-brasileira-de-manganes-cl2560kqc006r01hub5p2ceds.html>. Acesso em: 24 ago. 2022.

BR-136: em sete trechos da rodovia, 36,5 Km ainda precisam ser asfaltados entre Miritituba e Santarém. **OEstadoNet**, [s. l.], 6 jun. 2022. Disponível em: <https://www.oestadonet.com.br/noticia/21921/br-163-em-sete-trechos-da-rodovia-36-5-km-ainda-precisam-ser-asfaltados-entre-miritituba-e-santarem/>. Acesso em: 8 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Nacional de Fertilizantes**. Brasília, DF, 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/plano-nacional-de-fertilizantes>. Acesso em: 24 ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Economia (ME). Secretaria Especial do Tesouro e Orçamento. Secretaria de Avaliação, Planejamento, Energia e Loteria (SECAP). **Plano Plurianual 2020-2023**. Anexo I – Programas Finalísticos. [Brasília, DF]: SECAP, 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/planejamento-e-orcamento/plano-plurianual-ppa/arquivos/sem-logo-anexo-i-atualizado-2022.pdf>. Acesso em: 9 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC). **Comex Stat**. Exportação e Importação Geral. Versão 2.0.3. [Brasília, DF], 2022c. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 9 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC). Comex Stat. **Home**. [Brasília, DF], [2022]. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em: 24 ago. 2022

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Contratos de Autorização**. [Brasília, DF], 2022d. Disponível em: https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporte-terrestre_antigo/programa-de-autorizacoes-ferroviarias/contratos-de-autorizacao. Acesso em: 30 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Corredores Logísticos Estratégicos**. Brasília, DF, 10 dez. 2020a. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/politica-e-planejamento/politica-e-planejamento/cle>. Acesso em: 8 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Importado Pro Trilhos**. [Brasília, DF]: MInfra, 2022e. [.xlsx]

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Mapas e Bases dos Modos de Transportes**: Base Georreferenciada - Ferrovias. [Brasília, DF], 15 out. 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/dados-de-transportes/bit/bitmodosmapas>. Acesso em: 8 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Planos Mestres**. Brasília, DF, 28 jan. 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/planejamento-e-gestao/planos-mestres-portos>. Acesso em: 19 ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Portaria libera inscrição para empresas interessadas em atuar no BR do Mar**. [Brasília, DF], 3 ago. 2022f. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/noticias/2022/08/portaria-libera-inscricao-para-empresas-interessadas-em-atuar-no-br-do-mar>. Acesso em: 9 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Portaria nº 61, de 10 de junho de 2020. Estabelece as diretrizes para a elaboração e revisão dos instrumentos de planejamento do setor portuário - Planos Mestres (PM), Planos de Desenvolvimento e Zoneamento (PDZ) e Plano Geral de Outorgas (PGO). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 jun. 2020b. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=15/06/2020&jornal=515&pagina=121>. Acesso em: 19 ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Portaria nº 976, de 27 de julho de 2022. Estabelece procedimentos e diretrizes para habilitação de Empresa Brasileira de Navegação - EBN e de Empresa Brasileira de Navegação com autorização condicionada - EBN-CON, no Programa de Estímulo ao Transporte por Cabotagem - BR do Mar. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 ago. 2022g. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-976-de-27-de-julho-de-2022-419648143>. Acesso em: 9 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Transporte Ferroviário**. Brasília, DF, 14 nov. 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/dados-de-transportes/sistema-de-transportes/transporte-ferroviario>. Acesso em: 9 set. 2022.

BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (MTPA). Secretaria de Política e Integração. Departamento de Política e Planejamento Integrado. **Corredores Logísticos Estratégicos: Complexo de Minério de Ferro**. Relatório. Versão 1.1. Brasília, DF: MTPA, 2018a. V. 2. Disponível em: https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/relatorio_corredores_logisticos_minerio_v1-1.pdf. Acesso em: 5 jul. 2022.

BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (MTPA). Secretaria Nacional de Portos. **Plano Mestre: Complexo Portuário do Itaquí**. Florianópolis: SNP/MTPA, abr. 2018b. Disponível em: https://www.portodoitaqui.com/_files/arquivos/plano-mestre.pdf. Acesso em: 17 ago. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 12.379, de 6 de janeiro de 2011**. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Viação - SNV; altera a Lei nº 9.432, de 8 de janeiro de 1997; revoga as Leis [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2011. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12379.htm. Acesso em: 8 mar. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021**. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Brasília, DF: Presidência da República, 2021c. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14133.htm. Acesso em: 9 set. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 14.273, de 23 de dezembro de 2021**. Estabelece a Lei das Ferrovias; altera o Decreto-Lei nº 3.365, de 21 de junho de 1941, e as Leis nºs 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.636, de 15 de maio de 1998, 10.233, de 5 de junho de 2001, 10.257, de 10 de julho de 2001, 10.636, de 30 de dezembro de 2002, 12.815, de 5 de junho de 2013, 12.379, de 6 de janeiro de 2011, e 13.448, de 5 de junho de 2017; e revoga a Lei nº 5.917, de 10 de setembro de 1973. Brasília, DF: Presidência da República, 2021d. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14273.htm. Acesso em: 15 mar. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 14.301, de 7 de janeiro de 2022**. Institui o Programa de Estímulo ao Transporte por Cabotagem (BR do Mar); altera as Leis nºs 5.474, de 18 de julho de 1968, 9.432, de 8 de janeiro de 1997, 10.233, de 5 de junho de 2001, 10.893, de 13 de julho de 2004, e 11.033, de 21 de dezembro de 2004; e revoga o Decreto do Poder Legislativo nº 123, de 11 de novembro de 1892, e o Decreto-Lei nº 2.784, de 20 de novembro de 1940, e dispositivos da Medida Provisória nº 2.217-3, de 4 de setembro de 2001, e das Leis nºs 6.458, de 1º de novembro de 1977, 11.434, de 28 de dezembro de 2006, 11.483, de 31 de maio de 2007, 11.518, de 5 de setembro de 2007, 12.599, de 23 de março de 2012, 12.815, de 5 de junho de 2013, e 13.848, de 25 de junho de 2019. Brasília, DF: Presidência da República, 2022h. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Lei/L14301.htm. Acesso em: 9 set. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Medida Provisória nº 1.065, de 30 de agosto de 2021**. Dispõe sobre a exploração do serviço de transporte ferroviário, o trânsito e o transporte ferroviários e as atividades desempenhadas pelas administradoras ferroviárias e pelos operadores ferroviários independentes, institui o Programa de Autorizações Ferroviárias, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2021e. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/Mpv/mpv1065.htm. Acesso em: 19 maio 2022.

BRASIL. Programa de Parceria de Investimentos. **Apoio ao licenciamento ambiental do Pedral do Lourenço (Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins)**. [Brasília, DF], 2019. Disponível em: <https://portal.ppi.gov.br/apoio-ao-licenciamento-ambiental-do-pedral-do-lourenco-dragagem-e-derrocamento-da-via-navegavel-do-rio-tocantins>. Acesso em: 9 set. 2022.

BRASIL. Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos (SAE). **Plano Nacional de Fertilizantes 2050**: Uma Estratégia para os Fertilizantes no Brasil. Brasília, DF: SAE, nov. 2021f. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2022/03/plano-nacional-de-fertilizantes-brasil-2050.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura; EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA (EPL). Apêndice VI: Quadro de Empreendimentos Simulados por Cenário. In: BRASIL. Ministério da Infraestrutura; EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA (EPL). **PNL 2035**: Plano Nacional de Logística. Versão 1.1. [Brasília, DF]: MInfra; EPL, 28 out. 2021a. Disponível em: <https://ontl.epl.gov.br/planejamento/relatorios/>. Acesso em: 13 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura; EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA (EPL). Apêndice VIII: Quadro de Portos, Terminais de Uso Privativo e Estações de Transbordo de Cargas por Porto-cidade Simulados nos Cenários. In: BRASIL. Ministério da Infraestrutura; EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA (EPL). **PNL 2035**: Plano Nacional de Logística. Versão 1.1. [Brasília, DF]: MInfra; EPL, 28 out. 2021b. Disponível em: <https://ontl.epl.gov.br/planejamento/relatorios/>. Acesso em: 13 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura; EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA (EPL). **Custos Ferroviários no Plano Nacional de Logística**. Brasília, DF: MInfra; EPL, 29 abr. 2020. Disponível em: <https://ontl.epl.gov.br/wp-content/uploads/2022/04/apresentacao-cicero-filho.pdf>. Acesso em: 9 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura; EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA (EPL). **PNL 2035**: Plano Nacional de Logística. Versão 1.1. [Brasília, DF]: MInfra; EPL, 28 out. 2021c. Disponível em: https://ontl.epl.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/PNL_2035_29-10-21.pdf. Acesso em: 15 set. 2022.

BRAY, E. L. Bauxite and Alumina. In: U. S. GEOLOGICAL SURVEY. **Mineral Commodity Summaries**. [Denver]: USGS, Jan. 2022. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022-bauxite-alumina.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2022.

BRFÉRTIL. **Fosfato monoamônico – MAP**. Curitiba, 2021. Disponível em: <https://brfertil.com.br/produto/fosfato-monoamonico-map/>. Acesso em: 16 ago. 2022.

CALHEIROS, D. F. **Parecer Técnico sobre Hidrovia Paraguai-Paraná**. Pantanal: Câmara dos Deputados, maio 2017. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-temporarias/externas/56a-legislatura/queimadas-em-biomas-brasileiros/apresentacoes-em-eventos/parecer-hidrovia-mpf>. Acesso em: 9 set. 2022.

CALIXTO, R. **Mina de Fosfato – MG**. [S. l.], [2015]. 1 vídeo. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=A6la4EJothc>. Acesso em: 19 ago. 2022.

CAMPOS, S. de. **Minerais**: Fósforo e fosfatos. [S. l.], 8 ago. 2003. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20140720220403/http://drashirleydecampos.com.br/noticias/4808>. Acesso em: 28 jul. 2022.

CANADA. **International context**. [Ottawa], 3 Feb. 2022. Disponível em: <https://www.nrcan.gc.ca/our-natural-resources/minerals-mining/minerals-metals-facts/potash-facts/20521#L3>. Acesso em: 11 ago. 2022.

CANNON, W. F.; KIMBALL, B. E.; CORATHERS, L. A. Manganese. In: SCHULZ, K. J.; DEYOUNG, J. H.; SEAL, R. R.; BRADLEY, D. C. (ed.). **Critical mineral resources of the United States**: Economic and environmental geology and prospects for future supply. Reston: USGS, 2017. ISSN 2330-7102 versão *online*. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/pp/1802/l/pp1802l.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2022.

CARRETA bitrem carregada com minério de ferro pega fogo na BR-251. [S. l.]: Webterra, 29 jun. 2022. Disponível em: <https://webterra.com.br/2022/06/29/carreta-bitrem-carregada-com-minerio-de-ferro-pega-fogo-na-br-251/>. Acesso em: 9 set. 2022.

CARVALHO, A. L. de. Indústria de alumínio: lucro da CBA sobe 27% no 2º trimestre, para R\$ 489,5 milhões. **Valor Econômico**, São Paulo, 9 ago. 2022. Disponível em: <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2022/08/09/industria-de-aluminio-lucro-da-cba-sobe-27percent-no-2o-trimestre-para-r-4895-milhoes.ghtml>. Acesso em: 24 ago. 2022.

CARVALHO, A. Vale confirma Salobo 3 e começa a contratar imediatamente visando expansão pronta em 2022. **O Petróleo**, [s. l.], 29 out. 2018. Disponível em: <https://opetroleo.com.br/vale-confirma-salobo-3-e-comeca-a-contratar-imediatamente-visando-expansao-pronta-em-2022/>. Acesso em: 24 ago. 2022.

CARVALHO, P. S. L. de *et al.* Minério de ferro. In: BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **BNDES Setorial**. [Rio de Janeiro]: BNDES, [2013]. p. 197-234. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4802/1/BS%2039%20min%C3%A9rio%20de%20ferro_P.pdf. Acesso em: 30 jun. 2022.

CASTILLO, R.; PURDY, C. **China's Role in Supplying Critical Minerals for the Global Energy Transition: What Could the Future Hold?** Washington, DC: LTRC, July 2022. Disponível em: https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2022/08/LTRC_ChinaSupplyChain.pdf. Acesso em: 26 ago. 2022.

CASTORINO, A. B. **Proposições para solução de conflitos ferroviários urbanos**. Brasília, DF: ANTT, 2014.

CAXITO, F.; DIAS, T. G. **Recursos Minerais de Minas Gerais – Ferro**. [Minas Gerais]: UFMG: CPMTG, [2018]. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Ferro.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2022.

CBA registra lucro líquido de R\$ 838 milhões em 2021. **Revista Alumínio**, São Paulo, 16 mar. 2022. Disponível em: <https://revistaaluminio.com.br/cba-registra-lucro-liquido-de-r-838-milhoes-em-2021/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

CÉSAR, R. Reativação de toda a Malha Oeste tem custo estimado de R\$ 14,9 bilhões. **Correio do Estado**, Campo Grande, 6 abr. 2022. Disponível em: <https://correiodoestado.com.br/economia/reativacao-da-malha-oeste-vai-custar-r149-bilhoes/398492>. Acesso em: 7 set. 2022.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operação**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

CINTRA, L. A. Falta de espaço, não navios, reduz desembarque no principal porto de fertilizantes. **Folha de São Paulo**, [São Paulo], 5 maio 2022. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2022/05/chegada-de-fertilizantes-cai-no-principal-porto-de-entrada-do-brasil-por-falta-de-espaco.shtml>. Acesso em: 9 set. 2022.

COELHO, C. F.; MORALES, G. Comparação de modais de transporte para escoamento de minério: indicadores de sustentabilidade. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 8., Rio de Janeiro, 2012. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: UENF, 2012. Disponível em: https://www.inovarse.org/sites/default/files/T12_0564_2639.pdf. Acesso em: 6 set. 2022.

COMPANHIA DOCAS DO PARÁ (CDP). **Plano de Desenvolvimento e Zoneamento Portuário**: Porto de Vila do Conde. Belém: CDP, dez. 2020. Disponível em: https://www.cdp.com.br/wp-content/uploads/2021/07/Relatorio-do-PDZ-Vila-do-Conde.pdf?_ga=2.268655668.49378258.1662734576-199901842.1662734576&_gl=1*1k4wvzh*_ga*MTk50TAxODQyLjE2NjI3MzQ1NzY.*_ga_P0YG7N7D4C*MTY2Mjc2NDU3Ni4xLjEuMTY2Mjc2NDU4OC4wLjAuMA. Acesso em: 9 set. 2022.

COMPANHIA SIDERÚRGICA MINERAL (CSN MINERAÇÃO S.A.). **CSN Mineração**. [São Paulo], 2022. Disponível em: <https://www.csn.com.br/quem-somos/grupo-csn/csn-mineracao/#>. Acesso em: 5 jul. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Anuário CNT do Transporte 2021**: Estatísticas Consolidadas. Ferroviário. 2.1. Principais dados. [Brasília, DF], 2021a. Disponível em: <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2021/Ferroviario/2-1-/Principais-dados>. Acesso em: 16 mar. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Boletins Técnicos CNT**: Boletim Unificado. Brasília, DF, 18 ago. 2022. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/boletins>. Acesso em: 8 set. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Investimento realizado em infraestrutura de transporte no Brasil vem caindo, mostra levantamento da CNT**. Brasília, DF, 3 fev. 2021b. Disponível em: <https://cnt.org.br/agencia-cnt/investimento-transporte-vem-caindo>. Acesso em: 8 set. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Pesquisa CNT de rodovias 2021**. Brasília, DF: CNT: SEST SENAT, 2021c. Disponível em: https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/Pesquisa_CNT_Rodovias_2021_Web.pdf. Acesso em: 24 ago. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Plano CNT de transporte e logística 2018**. Brasília, DF: CNT, 2018. Disponível em: <https://planotransporte.cnt.org.br/Content/docs/Plano%20CNT%20Transporte%20-%20Pesquisa%20Completa.pdf>. Acesso em: 8 set. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). Transporte em Movimento. **As vantagens de transportar sem sobrecarga**. [Brasília]: CNT, abr. 2019. Disponível em: <https://cdn.cnt.org.br/diretorioVirtualPrd/3e529752-3c42-4ed3-a0af-f83ea10c1718.pdf>. Acesso em: 8 set. 2022.

CONSELHO NACIONAL DE PRATICAGEM (CONAPRA). Barra norte do rio Amazonas terá sistema de calado dinâmico. **CONAPRA**, [Rio de Janeiro], 8 fev. c2022. Disponível em: praticagemdobrasil.org.br/barra-norte-do-rio-amazonas-tera-sistema-de-calado-dinamico/. Acesso em: 12 set. 2022.

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA - IV REGIÃO (CRQ-IV). **Elementos Químicos - Potássio**. São Paulo, [2022]. Disponível em: https://www.crq4.org.br/tp150_potassio. Acesso em: 18 ago. 2022.

CONTRATOS no valor de R\$ 13,7 bilhões são celebrados para construção de ferrovia entre Santana do Araguaia e Barcarena no Pará. **Vilaricanews**, Vila Rica, 9 fev. c2022. Disponível em: <https://vilaricanews.com/noticia/19733/contratos-no-valor-de-r-13-7-bilhoes-sao-celebrados-para-construcao-de-ferrovia-entre-santana-do-araguaia-e-barcarena-no-para>. Acesso em: 12 set. 2022.

COSTA, M. do R. M.; SILVA, J. P. da; SILVA, R. D. Manganês. In: AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Sumário Mineral Brasileiro 2018**. Brasília, DF: ANM, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/pasta-sumario-brasileiro-mineral-2018/manganes>. Acesso em: 29 jul. 2022.

CRUZ, G. A crise no fornecimento de potássio para agricultura brasileira. **Instituto Minere**, [Belo Horizonte], 3 mar. 2022. Disponível em: <https://institutominere.com.br/blog/a-crise-no-fornecimento-de-potassio-para-agricultura-brasileira>. Acesso em: 24 ago. 2022.

CUTRIM, S. S.; DIAS, C. J.; ROBLES, L. T. Integração vertical em cadeia logística como vantagem competitiva: caso de exportação do minério de ferro em Beira – Moçambique (VALE). In: SIMPOI, 16., 2013, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: FGV, 2013. Disponível em: <https://silo.tips/download/anais-integraao-vertical-em-cadeia-logistica-como-vantagem-competitiva-caso-de-e>. Acesso em: 13 out. 2022.

DATAGRO. **Fábrica da Galvani Fertilizantes em Luís Eduardo Magalhães (BA) pretende dobrar produção anual de fosfato**. Barueri, 10 maio 2022. Disponível em: <http://www.datagroreports.com/pt/fertilizers/16/473595/fabrica-da-galvani-fertilizantes-em-luis-eduardo-magalhaes-ba-pretende-dobrar-producao-anual-de-fosfato>. Acesso em: 2 set. 2022.

DAVID, R. R. Strategic Materials and Energy Transition: Aluminium. **Energy Industry Review**, [s. l.], Sept. 2021. Disponível em: <https://energyindustryreview.com/metals-mining/strategic-materials-and-energy-transition-aluminium/>. Acesso em: 10 ago. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **PIAF: Posto Integrado Automatizado de Fiscalização**. [Brasília, DF], 23 set. 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/rodovias/operacoes-rodoviaras/pesagem/piaf>. Acesso em: 9 set. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Repositório. SNV Bases Geométricas (2013-atual) (SHP)**. [Brasília, DF], 2022. Disponível em: <http://servicos.dnit.gov.br/dnitcloud/index.php/s/oTpPRmYs5AAdiNr>. Acesso em: 21 jun. 2022.

DIÁRIO DO COMÉRCIO. **Buritirama acelera ritmo de produção em busca de novas metas para mineração em 2022**. Belo Horizonte, 6 jan. 2022. Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/negocios/buritirama-acelera-ritmo-de-producao-em-busca-de-novas-metas-para-mineracao-em-2022/>. Acesso em: 24 ago. 2022.

DIAS, R. Reajuste: tarifas do pedágio vão subir 124% em média nas BRs 262 e 153. **Estado de Minas**, [Belo Horizonte], 1 abr. 2022. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2022/04/01/internas_economia,1357219/reajuste-tarifas-do-pedagio-vaio-subir-124-em-media-nas-brs-262-e-153.shtml. Acesso em: 9 set. 2022.

DIAS, T. G.; CAXITO, F. **Recursos Minerais de Minas Gerais – Manganês**. [Minas Gerais]: UFMG: CPMTC, [2018]. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Manganes.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2022.

EMIR, A. Governo Federal autoriza construção de ferrovia entre os municípios de Alcântara e de Açailândia. **Maranhão Hoje**, São Luís, 9 dez. c2021. Disponível em: <https://maranhaohoje.com/maranhao/governo-federal-autoriza-construcao-de-ferrovia-entre-as-cidades-de-alcantara-e-acailandia/>. Acesso em: 12 set. 2022.

EMPRESA BRASIL DE COMUNICAÇÃO (ECB). Análise do TCU é último passo para edital de construção da Ferrogrão. **Agência Brasil**, Brasília, DF, c2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2020-07/analise-do-tcu-e-ultimo-passo-para-edital-de-construcao-da-ferrograo>. Acesso em: 9 set. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Porto de Barcarena/Vila do Conde**. Campinas, 2020. Disponível em: https://www.embrapa.br/macrologistica/exportacao/porto_vila-do-conde. Acesso em: 9 set. 2022.

EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA S.A. (EPL). **Diagnóstico Logístico 2010-2020**. Brasília, DF: EPL, c2021. Disponível em: <https://ontl.epl.gov.br/wp-content/uploads/2021/07/Diagnostico-Logistico-2020.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2022.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria da Ciência, Tecnologia, Inovação, Educação Profissional e Desenvolvimento Econômico (SECTIDES). Governo do Estado assina memorando para instalação de Centro Portuário de São Mateus. **SECTIDES**, Vitória, 17 jan. 2019. Disponível em: <https://inovacaoedesenvolvimento.es.gov.br/Not%C3%ADcia/governo-do-estado-assina-memorando-para-instalacao-de-centro-portuario-de-sao-mateus>. Acesso em: 12 set. 2022.

EXAME. **Buritirama vai fornecer manganês para chinesa MinMetals por dez anos**. [São Paulo], 11 jun. 2021a. Disponível em: <https://exame.com/bussola/buritirama-vai-fornecer-manganes-para-chinesa-minmetals-por-dez-anos/>. Acesso em: 24 ago. 2022.

EXAME. **Hidroviás do Brasil expande atuação na hidrovia Paraguai-Paraná**. [S. l.], 21 abr. 2021b. Disponível em: <https://exame.com/bussola/hidroviás-do-brasil-expande-atuacao-na-hidrovia-paraguai-parana/>. Acesso em: 9 set. 2022.

EY BRASIL. **Mineração no Brasil tem cenário favorável de oportunidades de negócios, diz estudo**: Desenvolvido pela EY em parceria com o IBRAM, pesquisa mostra que as questões ligadas ao ESG estão no topo da agenda dos executivos do setor, cujos investimentos socioambientais somam US\$ 4,2 bilhões. São Paulo, 25 maio 2022. Disponível em: https://www.ey.com/pt_br/news/2022-press-releases/05/mineracao-no-brasil-tem-cenario-favoravel-de-oportunidades. Acesso em: 1 set. 2022.

EY BRASIL. **Riscos e Oportunidades de Negócios em Mineração e Metais no Brasil em 2021**: O Brasil tem ocupado uma posição de destaque no cenário global de Mineração tanto em produção quanto em reservas. São Paulo, 2021. Disponível em: https://www.ey.com/pt_br/mining-metals/riscos-e-oportunidades-em-mineracao-e-metais-no-brasil. Acesso em: 1 set. 2022.

FARIA, A. C.; COSTA, M. F. G. **Gestão de custos logísticos**. São Paulo: Atlas, 2012.

FASTMARKETS. **Covid-19 sparks sharp contraction in global manganese ore output in April**. [S. l.], 1 June 2020. Disponível em: <https://www.fastmarkets.com/insights/covid-19-sparks-sharp-contraction-in-global-manganese-ore-output-in-april>. Acesso em: 2 nov. 2022.

FAVARO, C.; PUPO, A.; PAKULSKI, L. Rumo aposta em tecnologia para superar 75 Mi de T de capacidade na Malha Paulista. **Estadão**, São Paulo, 29 maio 2020. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/estadao-conteudo/2020/05/29/rumo-aposta-em-tecnologia-para-superar-75-mi-de-t-de-capacidade-na-malha-paulista.htm>. Acesso em: 8 set. 2022.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA (FIESC). **Em reunião com o governador, setor empresarial debate pautas para o desenvolvimento do estado**. Florianópolis, 21 jul. 2022. Disponível em: <https://fiesc.com.br/pt-br/imprensa/em-reuniao-com-o-governador-setor-empresarial-debate-pautas-para-o-desenvolvimento-do>. Acesso em: 8 set. 2022.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP). Sumário Executivo. **Diretrizes Prioritárias: Governo Federal 2023-2026**. São Paulo: FIESP, 21 jul. 2022. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/file-20220729150654-sumariodiretrizes-prioritarias/>. Acesso em: 8 set. 2022.

FERROLI, P. C. M.; LIBRELOTTO, L. I. Avaliação do Ciclo de Vida: Cobre. *In*: FERROLI, P. C. M.; LIBRELOTTO, L. I. **Materioteca com enfoque em Sustentabilidade no Projeto de Novos Produtos da Pesquisa**. V. 1, p. 240-258, Florianópolis, 2014. Disponível em: <https://materioteca.paginas.ufsc.br/files/2016/09/ACV-Cobre.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2022.

FERROVIA entre Paraná, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul passará por 66 cidades; entenda o projeto da Nova Ferroeste. Economia Paraná. **G1 PR**, Curitiba, 19 maio 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/parana/economia/noticia/2022/05/19/ferrovia-entre-parana-e-mato-grosso-do-sul-passara-por-49-cidades-entenda-o-projeto-da-nova-ferroeste.ghtml>. Acesso em: 9 set. 2022.

FUNDAÇÃO DOM CABRAL (FDC). **Custos Logísticos no Brasil 2017**. Nova Lima, [2018]. [.pdf].

G1 PR. **Estudos sobre Nova Ferroeste preveem até R\$ 143 milhões em compensações ambientais, diz Governo do Paraná**. Foz do Iguaçu, abr. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2022/04/01/estudos-sobre-nova-ferroeste-preveem-ate-r-143-milhoes-em-compensacoes-ambientais-diz-governo-do-parana.ghtml>. Acesso em: 8 set. 2022.

GAZETA DO POVO. **Petrobras vai vender direitos de mineração de potássio na Bacia do Amazonas**. [Curitiba], 12 ago. 2022. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/economia/breves/petrobras-vai-vender-direitos-de-mineracao-de-potassio-na-bacia-do-amazonas/>. Acesso em: 24 ago. 2022.

GEOSCAN. **Depósitos do tipo cobre pórfiro**: conheça mais sobre. Fortaleza, 9 ago. 2021. Disponível em: <https://www.geoscan.com.br/blog/depositos-do-tipo-cobre-porfiro/>. Acesso em: 18 ago. 2022.

GEOSCAN. **Minério de manganês**: Entenda o que é e como encontrar. [Fortaleza], 27 nov. 2020. Disponível em: <https://www.geoscan.com.br/blog/minerio-de-manganes/>. Acesso em: 4 jul. 2022.

GIOVANAZ, D. Fertilizantes produzidos no Brasil contêm fosfato roubado do Saara Ocidental. **Brasil de Fato**, São Paulo, 28 jan. 2021. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2021/01/28/fertilizantes-produzidos-no-brasil-contem-fosfato-roubado-do-saara-ocidental>. Acesso em: 29 jul. 2022.

GLOBO RURAL. **Fertilizantes: a importância do potássio para as lavouras**. [São Paulo]: Globoplay, 10 jul. 2008. 1 vídeo. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/853299/>. Acesso em: 28 jul. 2022.

GÓES, F.; ROSAS, R. Vale vai usar Carajás para crescer no cobre. **Valor Econômico**, São Paulo, 3 dez. 2020. Disponível em: <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2020/12/03/vale-vai-usar-carajas-para-crescer-no-cobre.ghtml>. Acesso em: 24 ago. 2022.

GOMES, W. ABAL na Mídia: no Brasil, religamento de usinas deve aumentar a produção de alumínio. **Estadão**, [São Paulo], 4 fev. 2022. Disponível em: <https://abal.org.br/noticia/abal-na-midia-no-brasil-religamento-de-usinas-deve-aumentar-a-producao-de-aluminio/#:~:text=A%20m%C3%A9dia%20global%20de%20consumo,%2C%20eletricidade%2C%20embalagens%2C%20alimentos>. Acesso em: 24 ago. 2022.

GRÃO-PARÁ MULTIMODAL (GPM). Terminal Portuário de Alcântara – TPA. **Uma logística para a eficiência do MATOPIBA**. [São Luís]: GPM, 2019. 21 p. [.pdf].

GRUPO FERTIPAR. **Home**. Curitiba, c2016. Disponível em: <https://www.fertipar.com.br/>. Acesso em: 17 ago. 2022.

GRUPO MARINGÁ. **Cadeia de suprimentos certificada e rastreabilidade do processo produtivo para garantir ligas de altíssima pureza.** São Paulo, [20--]. Disponível em: <https://www.grupomaringa.com.br/siderurgia>. Acesso em: 29 jul. 2022.

GUEDES, A. Baixos investimentos em rodovias causam prejuízos ao país, aponta debate. **Senado Notícias**, Brasília, DF, 19 ago. 2021. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2021/08/19/baixos-investimentos-em-rodovias-causam-prejuizos-ao-pais-aponta-debate>. Acesso em: 9 set. 2022.

HERINGER. **Fertilizantes Heringer.** São Paulo, c2022. Disponível em: http://www.heringer.com.br/default_pti.asp?idioma=0&conta=45. Acesso em: 17 ago. 2022.

HIDROVIA: Depois de Barranco Vermelho, SEMA-MT emite LP do Terminal Portuário de Paratudal em Cáceres. **Jornal Oeste**, Cáceres, 23 jun. c2022. Disponível em: http://www.jornaloeste.com.br/noticias/exibir.asp?id=58926¬icia=hidrovia_depois_de_barranco_vermelho_sema-mt_emite_lp_do_terminal_portuario_de_paratudal_em_caceres. Acesso em: 12 set. 2022.

HIRATA, T. Projeto de porto e ferrovia no MA prevê R\$ 13 bi de investimento. **Valor Econômico**, São Paulo, 27 ago. 2019. Disponível em: <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2019/09/27/projeto-de-porto-e-ferrovia-no-ma-preve-r-13-bi-de-investimento.ghtml>. Acesso em: 12 set. 2022.

HUME, N. FT: Temor de recessão golpeia mercados de commodities e queda do cobre piora. **Financial Times**, Londres, 15 jul. 2022. Disponível em: <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2022/07/15/ft-temor-de-recesso-golpeia-mercados-de-commodities-e-queda-do-cobre-piora.ghtml>. Acesso em: 24 ago. 2022.

HYDRO. **Alunorte.** Barcarena, c2022a. Disponível em: <https://www.hydro.com/pt-BR/sobre-a-hydro/a-hydro-no-mundo/north-america/brasil/barcarena/alunorte>. Acesso em: 24 ago. 2022.

HYDRO. **Mineração Paragominas inicia mobilização para obras de substituição de trechos do mineroduto.** [Rio de Janeiro], 15 maio 2020. Disponível em: <https://www.hydro.com/pt-BR/imprensa/noticias/2020/mineracao-paragominas-inicia-mobilizacao-para-obras-de-substituicao-de-trechos-do-mineroduto>. Acesso em: 8 set. 2022.

HYDRO. **Mineração Paragominas.** Rio de Janeiro, c2022b. Disponível em: <https://www.hydro.com/pt-BR/sobre-a-hydro/a-hydro-no-mundo/north-america/brasil/paragominas/mineracao-paragominas/>. Acesso em: 18 ago. 2022.

INDEXMUNDI. **Minério de ferro Preço Mensal - Dólares americanos por tonelada métrica seca.** [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.indexmundi.com/pt/pre%E7os-de-mercado/?mercadoria=min%C3%A9rio-de-ferro&meses=60>. Acesso em: 19 out. 2022.

INSTITUTO AÇO BRASIL. Pocket Yearbook. **A Siderurgia em Números 2020.** Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, abr. 2020. Disponível em: https://acobrasil.org.br/site/wp-content/uploads/2020/04/Mini_anuario_2020_completo.pdf. Acesso em: 4 jul. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Áreas Territoriais. **O que é.** [Rio de Janeiro], 2022a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 15 ago. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Bases cartográficas contínuas - Brasil.** [Rio de Janeiro], [2021]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 21 jun. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados**. [Rio de Janeiro], 2022b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>. Acesso em: 8 set. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). **Exportação de minérios foi crucial para manter saldo da balança comercial positivo em 2021**. [Brasília, DF], fev. 2022a. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/exportacao-minerios-saldo-balancacomercial-positivo-2021/#:~:text=O%20saldo%20comercial%20mineral%2C%20de,saldo%20mineral%20foi%20de%2051%25>. Acesso em: 16 ago. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). **Informações sobre a economia mineral brasileira 2020 – Ano base 2019**. Brasília, DF: IBRAM, 2020a. 80 p. *E-book*. Disponível em: <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2021/02/Economia-Mineral-Brasileira-IBRAM-2020.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). **Mineração de fosfato**. Brasília, DF, 5 out. 2011. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/mineracao-de-fosfato/>. Acesso em: 28 jul. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). **Mineração em números 2020**. [Brasília]: IBRAM, 2020b. Disponível em: <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2021/06/Infografico-Mineracao-em-Numeros-2020-NOVO.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). **Setor Mineral: 1T22**. Brasília, DF, abr. 2022b. Disponível em: <https://ibram.org.br/publicacoes/?txtSearch=&checkbox-section%5B%5D=162&checkbox-section%5B%5D=1236#publication>. Acesso em: 30 ago. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Carta de Conjuntura**. N. 57, nota de conjuntura 6, 4. trim. 2022. Brasília, DF: Ipea, 31 out. 2022a. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/wp-content/uploads/2022/10/221031_cc_57_nota_06_evolucao_macroeconomica_do_setor_extrativo_mineral_brasileiro_ii.pdf. Acesso em: 2 nov. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional. **Relatório Técnico**: Projeção de produção e exportação de minério de ferro para o período de 2022 a 2050. [Brasília, DF]: Ipea, 2022b. 11 p. [.docx].

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional. **Relatório Técnico**: Projeção de produção, exportação e consumo aparente de bauxita e alumina para o período de 2022 a 2050. [Brasília, DF]: Ipea, 2022c. 11 p. [.docx].

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional. **Relatório Técnico**: Projeção de produção, exportação e importação de Fosfato para o período de 2022 a 2050. [Brasília, DF]: Ipea, 2022d. 26 p. [.docx].

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional. **Relatório Técnico**: Projeção de produção, exportação e importação de Manganês para o período de 2022 a 2050. [Brasília, DF]: Ipea, 2022e. 14 p. [.docx].

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional. **Relatório Técnico**: Projeção de produção, exportação e importação de minério de Cobre para o período de 2022 a 2050. [Brasília, DF]: Ipea, 2022f. 17 p. [.docx].

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional. **Relatório Técnico**: Projeção de produção, exportação e importação de Potássio para o período de 2022 a 2050. [Brasília, DF]: Ipea, 2022g. 32 p. [.docx].

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions**: world energy outlook special report. London: IEA Publications, Mar. 2022. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2022.

INTERNATIONAL MANGANESE INSTITUTE (IMNI). **About Manganese**. Paris, c2022. Disponível em: <https://www.manganese.org/about-manganese/>. Acesso em: 4 jul. 2022.

INVESTING. **Dow Jones Commodity (DJCI)**. (2022a). Disponível em: <https://www.investing.com/indices/dj-commodity>. Acesso em: 24 ago. 2022.

IRAJÁ, V. Infraestrutura trabalha por incerta renovação de concessão de ferrovia. [S.l.], **Veja**, 30 ago. c2022. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/coluna/radar-economico/infraestrutura-trabalha-por-incerta-renovacao-de-concessao-de-ferrovia/>. Acesso em: 9 set. 2022.

J&F INVESTIMENTOS. **J&F conclui aquisição de ativos de mineração da Vale no Centro Oeste**. [São Paulo], 15 jul. 2022. Disponível em: <https://www.jfinvest.com.br/jf-conclui-aquisicao-de-ativos-de-mineracao-da-vale-no-centro-oeste/>. Acesso em: 2 nov. 2022.

KINCAID. **Conexão ferroviária é maior deságio do Porto do Açu**. Rio de Janeiro, 18 abr. 2022. Disponível em: <https://www.kincaid.com.br/conexao-ferroviaria-e-maior-desafio-do-porto-do-acu/>. Acesso em: 9 set. 2022.

KPGM. **Global Mining Outlook 2022**: Extracting key insights for mining leaders. Amstelveen, Apr. 2022. Disponível em: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2022/04/global-minning-outlook-2022.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2022.

LAPIDO-LOUREIRO, F. E. de. V.; MELAMED, R. O fósforo na agricultura brasileira: uma abordagem minero-metalúrgica. **Estudos e Documentos**, [Florianópolis], n. 67, 2006. Disponível em: https://www.google.com/url?q=https://www.cetem.gov.br/antigo/series/serie-estudos-e-documentos/item/download/291_af75f212147e1258e6d3360d44ce5235&sa=D&source=editors&ust=1660835844329791&usg=AOvVaw39ASdvSBpGFNdUyNpM-zr_. Acesso em: 29 jul. 2022.

LEITE, J. Y. P.; ARAÚJO, F. da S. D.; SANTOS, E. P. dos. **Hidrometalurgia**: uma nova demanda para os cursos técnicos de geologia e mineração. São Luís, 2007. Disponível em: <https://memoria.ifrn.edu.br/bitstream/handle/1044/835/HIDROMETALURGIA%20%E2%80%93%20UMA%20NOVA%20DEMANDA%20PARA%20OS%20CURSOS%20T%C3%89CNICOS%20DE%20GEOLOGIA%20E%20MINERA%C3%87%C3%83O.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 ago. 2022.

LISZBINSKI, B. B. *et al.* **Custos logísticos**: um levantamento da produção científica na última década no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 20., 2013, Uberlândia. **Anais [...]**. Uberlândia: UFSM, 2013. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/176/176>. Acesso em: 6 set. 2022.

LOBO, R. Liminar pede a volta dos trens entre Santos e Cajati, no litoral Sul de São Paulo. **Viatrolebus**, [s. l.], 3 nov. 2021. Disponível em: <https://viatrolebus.com.br/2021/11/liminar-pede-a-volta-dos-trens-entre-santos-e-cajati-no-litoral-sul-de-sao-paulo/>. Acesso em: 7 set. 2022.

MACHADO, A. P. Anglo American investe para elevar produtividade em minério. **Valor Econômico**, São Paulo, 29 jan. 2021a. Disponível em: <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2021/01/29/anglo-american-investe-para-elevar-produtividade-em-minerio.ghtml>. Acesso em: 15 ago. 2022.

MACHADO, A. P. CBA vai investir R\$ 4 bi até 2025 em produção e exploração de bauxita. **Valor Econômico**, São Paulo, 18 ago. 2021b. Disponível em: <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2021/08/18/cba-vai-investir-r-4-bi-ate-2025-em-producao-e-exploracao-de-bauxita.ghtml>. Acesso em: 24 ago. 2022.

MALHA Ferroviária de Carga. **Anuário RF 2020-2021**, São Paulo, ano 9, n. 9, 2021. 1 mapa, color. Escala: 1:25.000.000. 335 p. [.pdf].

MARINHA DO BRASIL. 6º Comando Distrito Naval. **Centro de Hidrografia e Navegação do Oeste realiza inspeção e manutenção do balizamento no Rio Paraguai**. Brasília, DF: COMSOC, 16 fev. 2022. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/com6dn/node/1937>. Acesso em: 9 set. 2022.

MARINHA DO BRASIL. Centro de Hidrografia e Navegação do Oeste. **Rio Paraguai (TRAMO NORTE)**. Brasília, DF, [202-]. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chn-6/?q=node/32>. Acesso em: 9 set. 2022.

MARQUES, T. Bamin prevê investimento de R\$ 4 bi para ampliar capacidade de mina em Caetité. **ABIFER**, São Paulo, 5 fev. 2021. Disponível em: <https://abifer.org.br/bamin-preve-investimento-de-r-4-bi-para-ampliar-capacidade-de-mina-em-caetite/>. Acesso em: 25 ago. 2022.

MÁRTIRES, R. A. C. Alumínio. In: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Economia Mineral do Brasil**. Brasília, DF: DNPM, dez. 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/4-1-aluminio>. Acesso em: 17 ago. 2022.

MATO GROSSO DO SUL. **Diagnóstico Logístico de Mato Grosso do Sul 2020-2035**: Relatório Final. Brasília, DF: EPL, abr. 2022. Disponível em: <https://www.semagro.ms.gov.br/wp-content/uploads/2022/07/Relatorio-7-Relatorio-Final.pdf>. Acesso em: 9 set. 2022.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Fazenda (SEFAZ). **Lei Complementar nº 685, de 25 de fevereiro de 2021**. Dispõe sobre o Sistema Ferroviário do Estado de Mato Grosso - SFE/MT e sobre os regimes de exploração dos serviços de transporte ferroviário de cargas e de passageiros, e dá outras providências. Cuiabá: SEFAZ, 2021. Disponível em: <http://app1.sefaz.mt.gov.br/sistema/legislacao/leicomplestadual.nsf/9733a1d3f5bb1ab384256710004d4754/713cc98030af92180425868b0046c047?OpenDocument>. Acesso em: 22 mar. 2022.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Mato Grosso (PERS-MT). **Mineração**. Cuiabá, c2022. Disponível em: <https://persmt.setec.ufmt.br/mineracao/>. Acesso em: 15 ago. 2022.

MCELVENEY, D.; CRUSE, C. Australia: Pit To Port Infrastructure Projects: The Story In Australia. **Clyde & Co**, [s. l.], 25 Nov. 2014. Disponível em: <https://www.mondaq.com/australia/mining/356080/pit-to-port-infrastructure-projects-the-story-in-australia>. Acesso em: 13 out. 2022.

MERCANTIL, G. Vale completa obras em usina no Maranhão. **Infomet**, [Rio de Janeiro], 30 jul. 2002. Disponível em: <https://www.infomet.com.br/site/noticias-ler.php?bsc=ativar&cod=10754>. Acesso em: 2 set. 2022.

MIGUEL, D. A. A. Acidentes ferroviários no Brasil: análise comparativa com a União Europeia. *In*: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET, 34., [s. l.], nov. 2020. **Anais [...]**. [S. l.]: ANTT, 2020. Disponível em: https://www.anpet.org.br/anais34/documentos/2020/Aspectos%20Econ%C3%B4micos%20Sociais%20Pol%C3%ADticos%20e%20Ambientais%20do%20Transporte/Gest%C3%A3o%20do%20Transporte%20Ferrovi%C3%A1rio%20e%20Hidrovi%C3%A1rio/4_220_AC.pdf. Acesso em: 8 set. 2022.

MINERAÇÃO BURITIRAMA. **[Sobre]**. São Paulo, c2022. Disponível em: <https://buritirama.com/sobre/>. Acesso em: 29 jul. 2022.

MONTEIRO, C. C.; SILVA, J. P. A. da. Alumínio. *In*: AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Sumário Mineral Brasileiro 2018**. Brasília, DF: ANM, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/pasta-sumario-brasileiro-mineral-2018/aluminio>. Acesso em: 17 ago. 2022.

MORAES, M. Saiba tudo sobre o fertilizante superfosfato simples! **AgroPós**, [Minas Gerais], c2022. Disponível em: <https://agropos.com.br/superfosfato-simples/>. Acesso em: 16 ago. 2022.

MOSAIC FERTILIZANTES. **Home**. São Paulo, c2022. Disponível em: <https://mosaicco.com.br/>. Acesso em: 17 ago. 2022.

MOTA, J. A.; VASCONCELOS, R.; CARDOSO, D. M. **Análise dos cenários propostos**: Plano Nacional de Mineração 2030. Produto B9. [Brasília, DF]: Ipea, [2021]. 69 p. [.pdf].

MRS LOGÍSTICA S.A (MRS). Renovação da concessão da MRS Logística é assinada. **Blog MRS**, 29 jul. c2022. Disponível em: <https://www.mrs.com.br/post-blog-mrs/renovacao-da-concessao-da-mrs-logistica-e-assinada/>. Acesso em: 9 set. 2022.

NALIATI, M. B.; ALMEIDA, M. R. da S.; FONSECA, B. G. A importância da multimodalidade no transporte brasileiro. **Revista Científica**, [São José do Rio Preto], v. 1, n. 1, 2019. Disponível em: <https://revistas.unilago.edu.br/index.php/revista-cientifica/article/view/171>. Acesso em: 11 out. 2022.

NASCIMENTO, M.; MONTE, M. B. de M.; LOUREIRO, F. E. L. Potássio. *In*: LUZ, A. B. da; LINS, F. A. F. (ed.). **Rochas & minerais industriais: usos e especificações**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005, p. 173-199. *E-book*. ISBN 85-7227-204-6. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1044/3/08.Agrominerais-POT%C3%81SSIO%20ok.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2022.

NEWSWIRE, D. J. Mineradora BHP prevê salto de produção, **apesar** de problemas no Brasil e na Austrália. **Valor Econômico**, Sydney, 18 jul. 2022. Disponível em: <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2022/07/18/mineradora-bhp-preve-salto-de-producao-apesar-de-problemas-no-brasil-e-na-australia.ghtml>. Acesso em: 24 ago. 2022.

O GLOBO. **Alcoa anuncia retomada da produção de alumínio no Maranhão**. Pittsburgh, 21 set. 2021. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/alcoa-anuncia-retomada-da-producao-de-aluminio-no-maranhao-25207062>. Acesso em: 9 set. 2022.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE TRANSPORTE E LOGÍSTICA (ONTL). **Mapa Rodoviário**: Anuário Estatístico. Brasília, DF, [2021]. Disponível em: <https://ontl.epl.gov.br/wp-content/uploads/2021/06/MapaRodoviario.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2022.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE TRANSPORTE E LOGÍSTICA (ONTL). **Shapefiles**. Brasília, DF, [201-]. Disponível em: <https://ontl.epl.gov.br/planejamento/shapefiles/>. Acesso em: 30 jun. 2022. OLIVEIRA, L. A. M. de. Potássio. In: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Economia Mineral do Brasil**. Brasília, DF: DNPM, dez. 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/7-3-potassio>. Acesso em: 18 ago. 2022.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE TRANSPORTE E LOGÍSTICA (ONTL). **Simulador de Custo de Transporte**. Brasília, DF, [20-]. Disponível em: <https://ontl.epl.gov.br/aplicacoes/simulador-de-custo-de-transporte/>. Acesso em: 16 set. 2022.

OBSERVATORY OF ECONOMIC COMPLEXITY (OEC). **Home**. [Cambridge], 2022. Disponível em: <https://oec.world/>. Acesso em: 24 ago. 2022.

PANTOJA, E. B. **Mineração Paragominas inicia mobilização para obras de substituição de trechos do mineroduto**. [S.l.]: Hydro, 15 maio c2022. Disponível em: <https://www.hydro.com/pt-BR/imprensa/noticias/2020/mineracao-paragominas-inicia-mobilizacao-para-obras-de-substituicao-de-trechos-do-mineroduto/>. Acesso em: 9 set. 2022.

PARANAPANEMA. **Quem somos**. Santo André, c2014. Disponível em: <https://www.paranapanema.com.br/show.aspx?idCanal=U1XvSWZEoblkr3yyZPNsHQ==>. Acesso em: 18 ago. 2022.

PATRUS TRANSPORTES. **Conheça os fatores que interferem no valor de fretes rodoviários**. Contagem, 14 nov. 2017. Disponível em: <https://patrus.com.br/blog/conheca-os-fatores-que-interferem-no-valor-de-fretes-rodoviarios/>. Acesso em: 9 set. 2022.

PELEGI, A. Pedágio da Régis Bittencourt aumenta de R\$ 3,40 para R\$ 3,70 neste domingo (20). **Diário do Transporte**, [s. l.], 18 fev. 2022. Disponível em: [https://diariodotransporte.com.br/2022/02/18/pedagio-da-regis-bittencourt-aumenta-de-r-340-para-r-370-neste-domingo-20/#:~:text=neste%20domingo%20\(20\)-,Ped%C3%A1gio%20da%20R%C3%A9gis%20Bittencourt%20aumenta%20de%20R%24%203%2C40%20para,%2C70%20neste%20domingo%20\(20\)&text=A%20partir%20de%20zero%20hora,para%20R%24%203%2C70](https://diariodotransporte.com.br/2022/02/18/pedagio-da-regis-bittencourt-aumenta-de-r-340-para-r-370-neste-domingo-20/#:~:text=neste%20domingo%20(20)-,Ped%C3%A1gio%20da%20R%C3%A9gis%20Bittencourt%20aumenta%20de%20R%24%203%2C40%20para,%2C70%20neste%20domingo%20(20)&text=A%20partir%20de%20zero%20hora,para%20R%24%203%2C70). Acesso em: 7 set. 2022.

PETROCITY PORTOS (PETROCITY). Terminal de uso privativo de Urussuquara (Porto de São Mateus). **Sobre**. [Vitória], c2022. Disponível em: <https://petrocitypertos.com.br/>. Acesso em: 12 set. 2022.

POLO, E. Verde Agritech faz parceria com Lavoro para comercializar potássio brasileiro. **Valor Econômico**, São Paulo, 16 ago. 2022. Disponível em: <https://valor.globo.com/agronegocios/noticia/2022/08/16/verde-agritech-faz-parceria-com-lavoro-para-comercializar-potassio-brasileiro.ghtml>. Acesso em: 24 ago. 2022.

POMPERMAYER, F. M.; CAMPOS NETO, C. A. da S.; PEPINO DE PAULA, J. M. P. Texto para discussão. **Hidroviás no Brasil**: perspectiva histórica, custos e institucionalidade. Rio de Janeiro: Ipea, 2014. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/2714/1/TD_1931.pdf. Acesso em: 8 set. 2022.

PORTAL BE NEWS. Rio Amazonas: calado de 11,90m é aprovado em teste com graneleiro na barra norte. **SOPESP Notícias**, Santos, 22 fev. 2022. Disponível em: <https://www.sopesp.com.br/2022/02/22/rio-amazonas-calado-de-1190m-e-aprovado-em-teste-com-graneleiro-na-barra-norte/>. Acesso em: 9 set. 2022.

PORTO CENTRAL. **O Projeto**. Vitória, [20--]a. Disponível em: <https://portocentral.com.br/pb/o-projeto/>. Acesso em: 12 set. 2022.

PORTO CENTRAL. **Sobre o Projeto**. Vitória, [20--]b. Disponível em: <https://portocentral.com.br/pb/>. Acesso em: 12 set. 2022.

PORTO da Petrocity em São Mateus lidera votação como melhor projeto privado no Brasil. **Tribuna Norte Leste (TNL)**, [Vitória], 16 jun. 2022. Disponível em: <https://tribunanorteleste.com.br/porto-da-petrocity-em-sao-mateus-lidera-votacao-como-melhor-projeto-privado-no-brasil/>. Acesso em: 12 set. 2022.

PORTO DO ITAQUI. **Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto do Itaqui**. [Florianópolis]: FEESC: EMAP, out. 2021. Disponível em: <https://www.portodoitaqui.com/pdf/pdz-itaqui.pdf>. Acesso em: 9 set. 2022.

PORTOS E NAVIOS. **Seca já afeta transporte na hidrovia Tietê-Paraná**. Rio de Janeiro, 12 ago. 2021. Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/noticias/navegacao-e-marinha/seca-ja-afeta-transporte-na-hidrovia-tiete-parana>. Acesso em: 9 set. 2022.

PROGRAMA DE PARCERIAS DE INVESTIMENTOS (PPI). **Ações do PPI elevam projeção de investimentos no país a R\$ 1,2 trilhão nos próximos anos**. Brasília, DF, 17 dez. 2021a. Disponível em: <https://portal.ppi.gov.br/coletivacppi>. Acesso em: 15 set. 2022.

PROGRAMA DE PARCERIAS DE INVESTIMENTOS (PPI). **Apoio ao licenciamento ambiental do Pedral do Lourenço (Dragagem e Derrocamento da Via Navegável do Rio Tocantins)**. Brasília, DF, [2019]. Disponível em: <https://portal.ppi.gov.br/apoio-ao-licenciamento-ambiental-do-pedral-do-lourenco-dragagem-e-derrocamento-da-via-navegavel-do-rio-tocantins>. Acesso em: 12 set. 2022.

PROGRAMA DE PARCERIAS DE INVESTIMENTOS (PPI). **Ferrovias EF-334/BA - Ferrovias de Integração Oeste - Leste-FIOL (trecho entre Ilhéus/BA e Caetité/BA)**. Brasília, DF, 2021b. Disponível em: https://portal.ppi.gov.br/ferrovia_ef_334ba_ferrovia_de_integracao_oeste_lest_fiol. Acesso em: 9 set. 2022.

PROGRAMA DE PARCERIAS DE INVESTIMENTOS (PPI). **Governo lança obra da Ferrovia de Integração do Centro-Oeste**. Brasília, DF, 17 set. 2021c. Disponível em: <https://portal.ppi.gov.br/obrasfco>. Acesso em: 9 set. 2022.

PROGRAMA DE PARCERIAS DE INVESTIMENTOS (PPI). **Sobre o Programa**. Brasília, DF, [201-]. Disponível em: <https://portal.ppi.gov.br/sobre-o-programa>. Acesso em: 15 set. 2022.

PROPOSTA de empresa para implantação da primeira ferrovia estadual é aprovada pelo governo de MT. **G1 MT**, [s. l.], 11 set. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/mt/mato-grosso/noticia/2021/09/11/proposta-de-empresa-para-implantacao-da-primeira-ferrovia-estadual-e-aprovada-pelo-governo-de-mt.ghtml>. Acesso em: 9 set. 2022.

PWC. **Mine 2022: a critical transition**. Sydney: PWC, June 2022. Disponível em: https://www.pwc.com/gx/en/energy-utilities-mining/assets/global_mine_report_2022.pdf. Acesso em: 26 ago. 2022.

REIS, E. L.; LIMA, R. M. F. Concentração de finos provenientes da planta de beneficiamento do minério de manganês da Mineração Morro da Mina/RDM por mesa oscilatória. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 58, n. 3, p. 225-229, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rem/a/sjGgBdnZp5rLFZCYvy3Kg8R/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 5 jul. 2022.

REIS, R. G. dos. **NORM**: Guia prático. 1. ed. Rio de Janeiro: IRD, 2016. Disponível em: <http://antigo.ird.gov.br/index.php/publicacoes/send/35-publicacoes/95-norm-um-guia-pratico>. Acesso em: 24 ago. 2022.

REVISTA MINERAÇÃO & SUSTENTABILIDADE. **Investimentos destacam a Bahia como terceiro maior produtor mineral do país**. Belo Horizonte, 2 set. 2022a. Disponível em: <https://revistamineracao.com.br/2022/08/15/investimentos-destacam-a-bahia-como-terceiro-maior-produtor-mineral-do-pais/>. Acesso em: 2 set. 2022.

REVISTA MINERAÇÃO & SUSTENTABILIDADE. **Mato Grosso do Sul prevê investimentos de R\$ 5 bilhões na mineração até 2024**. Belo Horizonte, 5 ago. 2022b. Disponível em: <https://revistamineracao.com.br/2022/08/05/mato-grosso-do-sul-preve-investimentos-de-r-5-bilhoes-na-mineracao-ate-2024/>. Acesso em: 2 set. 2022.

REVISTA MINÉRIOS & MINERALES. **MS vai receber mais de R\$ 5 bilhões em investimentos de mineradoras em dois anos**. [S. l.], 8 ago. 2022. Disponível em: <https://revistamineros.com.br/ms-vai-receber-mais-de-r-5-bilhoes-em-investimentos-de-mineradoras-em-dois-anos/>. Acesso em: 24 ago. 2022.

REVISTA MINÉRIOS & MINERALES. **Vale prevê fim da Mina do Azul, em Parauapebas, até 2025**. [S. l.], 4 jun. 2020. Disponível em: <https://revistamineros.com.br/vale-preve-fim-da-mina-do-azul-em-parauapebas/>. Acesso em: 24 ago. 2022.

RIBEIRO, I. CSN muda escopo de pelletizadoras em Minas e no Rio. **Ibram Notícias**, Belo Horizonte, 10 nov. 2006. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/csn-muda-escopo-de-pelletizadoras-em-minas-e-no-rio/>. Acesso em: 17 ago. 2022.

RIBEIRO, L. Megaprojeto cria corredor de exportação, que passa por Minas Gerais. **Estado de Minas**, Belo Horizonte, 8 mar. 2022. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2022/03/08/internas_economia,1350823/megaprojeto-cria-corredor-de-exportacao-que-passa-por-minas-gerais.shtml. Acesso em: 9 set. 2022.

ROCHA, B; DAMASCENO, N; BARROS, R. Autorização para expandir: Medida Provisória 1.065/2021 implementa novo regime de construção e operação de ferrovias. **Revista Ferroviária (RF)**, São Paulo, ano 82, p. 24-34, jul-ago 2021. Disponível em: https://rumolog.com/wp-content/uploads/2021/09/RF_Jul-Ago21_.pdf. Acesso em: 12 set. 2022.

ROCIO, M. A. R. *et al.* Perspectivas atuais da indústria de cobre no Brasil. **BNDES Setorial**, [Brasília, DF], n. 36, p. 397-728, [20--]. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1481/1/A%20Set.36_Perspectivas%20atuais%20da%20ind%C3%BAstria%20de%20cobre_P.pdf. Acesso em: 28 jul. 2022.

RODRIGUES, A. F. da S.; HEIDER, M.; FONSECA, D. S. Cobre. In: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Economia mineral do Brasil**. Brasília, DF: DNPM, 2009. p. 216-235. Disponível em: https://sistemas.anm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=3982. Acesso em: 28 jul. 2022.

RODRIGUES, M. A.; SILVA, P. P.; GUERRA, W. Elemento químico: cobre. **Química nova na escola**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 161-162, ago. 2012. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_3/10-EQ-37-10.pdf. Acesso em: 28 jul. 2022.

RODRIGUES, R. Ferrovia que ligará Piauí à Pernambuco recebe aprovação para início da construção e investimento de R\$ 5,7 bilhões. **Naval Porto Estaleiro**, [s. l.], 30 jan. 2022a. Disponível em: <https://navalportoestaleiro.com/ferrovia-que-ligara-piaui-a-pernambuco-recebe-aprovacao-para-inicio-da-construcao-e-investimento-de-r-57-bilhoes/>. Acesso em: 9 set. 2022.

RODRIGUES, R. Semagro projeta investimentos de R\$ 5 bilhões de mineradoras até 2024 no setor da mineração em Mato Grosso do Sul. **CPG**, [s. l.], 8 ago. 2022b. Disponível em: https://clickpetroleoegas.com.br/semagro-projeta-investimentos-de-r-5-bilhoes-de-mineradoras-ate-2024-no-setor-da-mineracao-em-mato-grosso-do-sul/?quad_cc. Acesso em: 24 ago. 2022.

RODRIGUES, W.; VIEIRA, A.; SILVEIRA, I. L. Caminhões sobrecarregados colocam rodovias em risco: além de estarem mais expostos a acidentes, caminhões com excesso de carga têm 50% da vida útil reduzida. **AECweb**, [s. l.], c2022. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/caminhoes-sobrecarregados-colocam-rodovias-em-risco/12149>. Acesso em: 8 set. 2022.

RODRIGUEZ, H. Cadillac no Brasil? Eletrificação pode expandir presença da GM no País. **Quatro Rodas**, [s. l.], 22 ago. 2022. Disponível em: <https://quatrorodas.abril.com.br/noticias/cadillac-no-brasil-eletrificacao-pode-expandir-presenca-da-gm-no-pais/>. Acesso em: 24 ago. 2022.

ROSAS, R. Vale reduz estimativas para minério de ferro e cobre. **Valor Econômico**, Rio de Janeiro, 20 jul. 2022. Disponível em: <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2022/07/20/vale-reduz-estimativas-para-minerio-de-ferro-e-cobre.ghml>. Acesso em: 24 ago. 2022.

ROSTÁS, R. Brazil's CSN secures \$350mIn funding for expansion of Casa de Pedra iron ore mine. **Fastmarkets**, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://www.fastmarkets.com/insights/brazils-csn-secures-350mIn-funding-for-expansion-of-casa-de-pedra-iron-ore-mine>. Acesso em: 24 ago. 2022.

RUMO LOGÍSTICA (RUMO). Ferrovia Estadual Senador Vicente Emílio Vuolo. **O projeto**. [s. l.], [20--]. Disponível em: <https://www.ferroviamt.com.br/o-projeto/>. Acesso em: 9 set. 2022.

SAMARCO volta a receber minério e produção de pelotas no ES vai começar nos próximos dias. **G1 ES**, Vitória, 23 dez. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2020/12/23/samarco-volta-a-receber-minerio-e-producao-de-pelotas-no-es-vai-comecar-nos-proximos-dias.ghml>. Acesso em: 3 set. 2022.

SAMARCO. **Processo produtivo**. [Belo Horizonte], [20--]. Disponível em: <https://www.samarco.com/processo-produtivo/>. Acesso em: 8 set. 2022.

SAMARCO. **Samarco alcança a produção de 10 milhões de toneladas de pelotas e finos de minério**. Belo Horizonte, 27 abr. 2022. Disponível em: <https://www.samarco.com/samarco-alcanca-a-producao-de-10-milhoes-de-toneladas-de-pelotas-e-finos-de-minerio/>. Acesso em: 17 ago. 2022.

SAMORA, R.; ARAUJO, G. Vale avalia que licenciamentos estão mais “s sofisticados” e lida com atrasos. **Istoé**, São Paulo, 29 jul. 2022. Disponível em: <https://www.istoedinheiro.com.br/vale-avalia-que-licenciamentos/>. Acesso em: 24 ago. 2022.

SAMPAIO, J. A.; ANDRADE, M. C. de; DUTRA, A. J. B. Bauxita. In: LUZ, A. B. da; LINS, F. A. F. (ed.). **Rochas e Minerais Industriais**: usos e especificações. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. p. 279-304. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1049/1/13.BAUXITA%20novo.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2022.

SAMPAIO, J. et al. **Manganês**. CETEM, Rochas e Minerais Industriais, 2008. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1117/1/28.%20MANGAN%C3%8AS.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2022.

SÃO PAULO. Secretaria de Logística e Transportes. Departamento Hidroviário. **Informativo DH Hidrovia Tietê-Paraná:** Atividades em andamento. Abr. 2021. 25 slides. Disponível em: <http://www.dh.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/05/Informativo-Hidrovia-Tiete-ABRIL-2021.pdf>. Acesso em: 9 set. 2022.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE, DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, PRODUÇÃO E AGRICULTURA FAMILIAR (SEMAGRO). **Mato Grosso do Sul pode se tornar autossuficiente em produção de fosfato, um fertilizante natural.** Campo Grande, 22 fev. 2022. Disponível em: <https://www.semagro.ms.gov.br/mato-grosso-do-sul-pode-se-tornar-autossuficiente-em-producao-de-fosfato-um-fertilizante-natural/>. Acesso em: 2 set. 2022.

SERGIPE atrai empresas do setor de fertilizantes. **Destaque Notícias**, [s. l.], 9 fev. 2022. Disponível em: <https://www.destaquenoticias.com.br/sergipe-atrai-empresas-setor-de-fertilizantes/>. Acesso em: 2 set. 2022.

SILVA, A. G. G. da. **Cadeia produtiva do cobre.** 2011. Monografia (Especialização em Engenharia de Recursos Minerais) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

SIQUEIRA, R. Estudo de viabilidade da ferrovia Malha Oeste avança e licitação pode sair no segundo semestre. **SEMAGRO**, [Campo Grande], 29 jun. 2022. Disponível em: <https://www.semagro.ms.gov.br/estudo-de-viabilidade-da-ferrovia-malha-oeste-avanca-e-licitacao-pode-sair-no-segundo-semester/>. Acesso em: 9 set. 2022.

SISTEMA FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO PARANÁ (SISTEMA FIEP). **Por que é preciso investir em ferrovias?** Curitiba, 3 set. 2019. Disponível em: <https://www.fiepr.org.br/boletins-setoriais/13/especial/por-que-e-preciso-investir-em-ferrovias-2-32029-417296.shtml>. Acesso em: 8 set. 2022.

SOARES, B. S. Por que o Brasil importa 80% de seus fertilizantes? **DuAgro**, São Paulo, 4 nov. 2020. Disponível em: <https://duagro.agr.br/noticia/por-que-o-brasil-importa-80-de-seus-fertilizantes/>. Acesso em: 28 jul. 2022.

SOUZA, A. E. de. Fosfato. **Balanço Mineral Brasileiro 2001**, Brasília, DF, 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/dnpm/paginas/balanco-mineral/arquivos/balanco-mineral-brasileiro-2001-fosfato>. Acesso em: 28 jul. 2022.

SOUZA, A. Y. R. de; PEREIRA, L. A. G. Logística de transportes e exportações de minério de ferro e seus concentrados no estado de Minas Gerais. In: FÓRUM DE ENSINO, PESQUISA, EXTENSÃO E GESTÃO (FEPEG), 13., 2018. **Anais** [...]. Montes Claros: Unimontes: PIBID, 2018. Disponível em: <http://www.fepeg2018.unimontes.br/anais/download/4bc7e144-9456-474a-a92b-52f0e25411b0>. Acesso em: 15 ago. 2022.

SOUZA, G. C. de. Minério de Ferro. **ENCIMAT**, Belo Horizonte, 14 dez. 2017. Disponível em: <https://www.encimat.cefetmg.br/2017/12/14/minerio-de-ferro/>. Acesso em: 30 jun. 2022.

SOUZA, N. 21 maiores fábricas de fertilizantes do Brasil. **Só Hélices**, São Paulo, 15 abr. 2022. Disponível em: <http://sohelices.com.br/21-maiores-fabricas-de-fertilizantes-do-brasil/#:~:text=As%20quatro%20maiores%20f%C3%A1bricas%20de,segundo%20lugar%20com%20quase%2020%25>. Acesso em: 17 ago. 2022.

TEIXEIRA, L. S. **Caracterização dos fluxos de fertilizantes no Brasil.** Piracicaba: ESALQ-LOG, 2013. Disponível em: <https://esalqlog.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/2015/05/Caracteriza%EA%94%9C%C2%BA%EA%94%9C%C3%BAo-dos-fluxos-de-fertilizantes-no-Brasil-TEIXEIRA-L.S..pdf>. Acesso em: 18 ago. 2022.

THE WALL STREET JOURNAL (WSJ). Markets. **Australian Dollar**. [New York], 2022a. Disponível em: <https://www.wsj.com/market-data/quotes/fx/AUDUSD/historical-prices>. Acesso em: 6 out. 2022.

THE WALL STREET JOURNAL (WSJ). Markets. **Brazilian Real/U.S. Dollar**. [New York], 2022b. Disponível em: <https://www.wsj.com/market-data/quotes/fx/BRLUSD/historical-prices>. Acesso em: 6 out. 2022.

TRIUNFO CONCEBRA. **Tarifas**. Goiânia, 2022. Disponível em: <http://www.triunfoconcebra.com.br/historico/tarifas>. Acesso em: 7 set. 2022.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Mineral Commodity Summaries 2022**. Virginia: USGS, 31 Jan. 2022. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2022.

UNIÃO NACIONAL DE BIOENERGIA (UDOP). **Importação de fertilizantes movimentam portos do Paraná, mas falta espaço**. Araçatuba, 20 abr. 2022. Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2022/04/20/importacao-de-fertilizantes-movimentam-portos-do-parana-mas-falta-espaco.html>. Acesso em: 9 set. 2022.

UNITED NATIONS (UN). Department of Economic and Social Affairs. **UN Comtrade Database**. [New York], 2022. Disponível em: <https://comtradeplus.un.org/>. Acesso em: 3 nov. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS). Banco de Dados de Minerais ao Microscópio. **MinMicro: Bauxita**. [Porto Alegre]: MinMicro, out. 2021. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/minmicro/Bauxita.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2022.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Mineral Commodity Summaries 2020**. Reston: U.S. Department of the Interior, 31 Jan. 2020. *E-book*. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2022. USI BRONZE. **Saiba quais são as principais aplicações do cobre**. 2022. Disponível em: <https://usibronze.com.br/2021/05/27/saiba-quais-sao-as-principais-aplicacoes-do-cobre/>. Acesso em: 29 ago. 2022.

VALE S.A (VALE). **A mineração faz parte do nosso dia a dia**. [Rio de Janeiro], 2015a. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/Paginas/mineracao-faz-parte-nosso-dia-dia-saiba-mais.aspx#:~:text=O%20min%C3%A9rio%20de%20ferro%20%C3%A9,possuir%20outras%20infinidades%20de%20aplica%C3%A7%C3%B5es>. Acesso em: 29 ago. 2022.

VALE S.A. (VALE). **Manganês e ferro**. [Rio de Janeiro], [2022]. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/business/mining/manganese/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 29 jul. 2022.

VALE S.A. (VALE). **Mineração, nosso principal negócio**. [Rio de Janeiro], [202-]. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/business/mining/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 30 jun. 2022.

VALE S.A. (VALE). **Saiba mais sobre as operações de pelotas da Vale ao redor do mundo**. Rio de Janeiro, 21 ago. 2015b. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/pt/aboutvale/news/paginas/saiba-mais-sobre-operacoes-pelotas-vale-redor-mundo.aspx>. Acesso em: 17 ago. 2022.

VALE S.A (VALE). **Usina 8 de Pelotização**. [Rio de Janeiro], [202-?]. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/pt/business/mining/iron-ore-pellets/paginas/usina-8.aspx>. Acesso em: 2 set. 2022.

VALOR ECONÔMICO. Vale inaugura S11D, maior investimento privado do Brasil. **LogWeb**, [s. l.], 19 dez. 2016. Disponível em: <https://www.logweb.com.br/vale-inaugura-s11d-maior-investimento-privado-do-brasil/>. Acesso em: 24 ago. 2022.

VASQUES, E. Samarco retomará produção total em 2028 após cooperação de áreas com a Vale. **Diário do Comércio**, Belo Horizonte, 8 fev. 2022. Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/economia/samarco-retomara-producao-total-em-2026-apos-cooperacao-de-areas-com-a-vale/>. Acesso em: 24 ago. 2022.

VERDE Agritech ampliará produção de fertilizantes em MG após crise provocada por guerra na Ucrânia. **G1**, [São Paulo], 3 mar. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2022/03/03/guerra-russia-x-ucrania-verde-agritech-ampliara-producao-de-fertilizantes-em-mg-apos-crise.ghtml>. Acesso em: 2 set. 2022.

VIA 040. **Localização Praças de Pedágio**. [Nova Lima], [20--]. Disponível em: <http://via040.com.br/pages/localizacao-pracas-pedagio>. Acesso em: 8 set. 2022.

VIANA NETO, C. **Elaboração de um Plano de Emergência Individual para Proteção Ambiental — Estudo de Caso de um Empreendimento Mineral na Amazônia**. 2010. Monografia (Especialista em Planejamento em Gestão Ambiental) – Universidade Federal de Ceará, Porto Trombetas, 2010. Disponível em: https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/bitstream/prefix/1011/1/TCCE_ElaboracaoPlanoEmergencia.pdf. Acesso em: 18 ago. 2022.

WORLD BANK GROUP. **The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future**. Washington, DC: World Bank Group, June 2017. 92 p. [.pdf].

YARA BRASIL. **Página inicial**. Porto Alegre, c2022. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/>. Acesso em: 17 ago. 2022.

ZAPAROLLI, D. Portos ainda são gargalo para entrada e saída de mercadorias. **Valor Econômico**, São Paulo, 15 set. 2022. Disponível em: <https://valor.globo.com/publicacoes/suplementos/noticia/2022/09/15/portos-ainda-sao-gargalo-para-entrada-e-saida-de-mercadorias.ghtml>. Acesso em: 13 out. 2022.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Definição dos produtos minerais considerados na Meta 1.1	7
Figura 2 – Minas existentes	9
Figura 3 – Minas existentes: principais produtos (produção).....	10
Figura 4 – Minas existentes: principais produtos (comércio exterior)	12
Figura 5 – Minas futuras.....	13
Figura 6 – Minas futuras: principais produtos (produção)	14
Figura 7 – Minas futuras: principais produtos (comércio exterior)	15
Figura 8 – Principais destinos dos minérios brasileiros em 2020 (95% da movimentação)	19
Figura 9 – Principais origens dos minérios importados pelo Brasil em 2020 (95% da movimentação)	22
Figura 10 – Fluxograma do processo produtivo do alumínio primário	27
Figura 11 – Volumes de produção comercializada, exportação e transporte interno por modal do alumínio (bauxita) (em toneladas).....	28
Figura 12 – Produção e volume exportado (t) de alumínio (bauxita) em 2020	29
Figura 13 – Fluxograma do processo produtivo do minério de cobre	32
Figura 14 – Volumes de produção comercializada, exportação e transporte interno por modal do minério de cobre (em toneladas)	33
Figura 15 – Produção e volume exportado (t) de minério de cobre em 2020	34
Figura 16 – Volume importado (t) de minério de cobre em 2020	35
Figura 17 – Fluxograma do processo produtivo do minério de ferro	38
Figura 18 – Volumes de produção comercializada, exportação e transporte interno por modal (em toneladas)	39
Figura 19 – Produção e volume exportado (t) de minério de ferro em 2020	40
Figura 20 – Fluxograma do processo produtivo do cloreto de fosfato	43

Figura 21 – Volumes de produção comercializada, importação e transporte interno por modal do fosfato (em toneladas)	44
Figura 22 – Produção comercializada do cloreto de fosfato (t) em 2020	45
Figura 23 – Volume importado (t) do cloreto de fosfato em 2020	46
Figura 24 – Fluxograma do processo produtivo do minério de manganês	49
Figura 25 – Volumes de produção comercializada, exportação e transporte interno por modal (em toneladas)	50
Figura 26 – Produção e volume exportado (t) de minério de manganês em 2020	51
Figura 27 – Fluxograma do processo produtivo do cloreto de potássio	54
Figura 28 – Volumes de produção comercializada, importação e transporte interno por modal do cloreto de potássio (em toneladas)	55
Figura 29 – Produção comercializada do cloreto de potássio em 2020	56
Figura 30 – Volume importado (t) de cloreto de potássio em 2020	57
Figura 31 – Malha ferroviária atual	59
Figura 32 – Malha rodoviária atual	60
Figura 33 – Complexos portuários atuais	61
Figura 34 – Hidrovias atuais	62
Figura 35 – Minerodutos atuais	63
Figura 36 – Malha ferroviária futura	64
Figura 37 – Autorizações ferroviárias	65
Figura 38 – Malha rodoviária futura	66
Figura 39 – Infraestrutura portuária futura	67
Figura 40 – Principais rotas de transporte e produção por estado do alumínio (bauxita)	73
Figura 41 – Detalhes das rotas do alumínio (bauxita) nas regiões Norte e Nordeste	74
Figura 42 – Detalhe das rotas do alumínio (bauxita) nas regiões Centro-Oeste e Sudeste	75
Figura 43 – Principais rotas de transporte e produção por estado do minério de cobre	76

Figura 44 – Detalhes das rotas do minério de cobre nas regiões Norte e Nordeste	77
Figura 45 – Detalhes das rotas do minério de cobre nas regiões Centro-Oeste e Sudeste	78
Figura 46 – Principais rotas de transporte e produção por estado do ferro.....	79
Figura 47 – Detalhes das rotas do ferro nas regiões Norte e Nordeste.....	80
Figura 48 – Detalhes das rotas do ferro na Região Sudeste	81
Figura 49 – Detalhes das rotas do ferro na Região Centro-Oeste.....	82
Figura 50 – Principais rotas de transporte e produção por estado do fosfato	83
Figura 51 – Principais rotas de transporte e importação por estado do fosfato	84
Figura 52 – Detalhes das rotas do fosfato nas regiões Centro-Oeste e Sudeste	85
Figura 53 – Principais rotas de transporte e produção por estado do manganês	86
Figura 54 – Detalhe das rotas do manganês nas regiões Norte e Nordeste	87
Figura 55 – Detalhes das rotas do manganês na Região Centro-Oeste	88
Figura 56 – Principais rotas de transporte e importação por estado do potássio	89
Figura 57 – Detalhe das rotas do potássio nas regiões Norte e Centro-Oeste	90
Figura 58 – Detalhe das rotas do potássio nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Nordeste	91
Figura 59 – Detalhe da rota do potássio na Região Sul	92
Figura 60 – Dados gerais do mercado do alumínio (bauxita)	115
Figura 61 – Dados gerais do mercado de cobre	118
Figura 62 – Dados gerais do mercado de ferro.....	122
Figura 63 – Dados gerais do mercado de fosfato	126
Figura 64 – Dados gerais do mercado de manganês	130
Figura 65 – Dados gerais do mercado de potássio	136

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Produção observada e projetada de alumínio no Brasil (bauxita e alumina)	116
Gráfico 2 – Produção observada e projetada de cobre no Brasil.....	119
Gráfico 3 – Exportação observada e projetada de cobre no Brasil.....	120
Gráfico 4 – Importação observada e projetada de cobre no Brasil	121
Gráfico 5 – Produção observada e projetada de ferro no Brasil.....	123
Gráfico 6 – Produção observada e projetada de fosfato no Brasil	127
Gráfico 7 – Importação observada e projetada de fosfato no Brasil	128
Gráfico 8 – Produção observada e projetada de manganês no Brasil	132
Gráfico 9 – Importação observada e projetada de potássio no Brasil	137

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Minérios extrativos mais representativos dos fluxos de exportação e importação (de 2018 a 2022).....	6
Quadro 2 – Definição dos minérios conforme categoria	24
Quadro 3 – Lista de entidades entrevistadas	68
Quadro 4 – Perspectivas para os minérios estudados.....	112

LISTAS DE SIGLAS

ABAL	Associação Brasileira do Alumínio
ABCobre	Associação Brasileira do Cobre
ABPM	Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa Mineral e Mineração
Abrafe	Associação Brasileira dos Produtores de Ferroligas e Silício Metálico
Albras	Alumínio Brasileiro S.A.
Alcoa	Alcoa World Alumina Brasil Ltda.
ALF	Alfândega da Receita Federal
Alumar	Consórcio de Alumínio do Maranhão S.A.
Alunorte	Alumina do Norte do Brasil S.A.
AMB	Anuário Mineral Brasileiro
ANDA	Associação Nacional para Difusão de Adubos
ANM	Associação Nacional de Mineração
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
ANUT	Associação Nacional dos Usuários do Transporte de Carga
ARTC	Australian Rail Track Corporation
BAMIN	Bahia Mineração S.A.
BR3	Bolsa de Valores
CBA	Companhia Brasileira de Alumínio
CCTF	Centro de Controle de Tráfego Ferroviário
CFEM	Compensação Financeira pela Exploração Mineral
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CPSM	Centro Portuário de São Mateus

CRA	Comissão de Agricultura e Reforma Agrária
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
DAP	Fosfato diamônico
DJCI	Dow Jones Commodity Index
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EFC	Estrada de Ferro Carajás
EFVM	Estrada de Ferro Vitória a Minas
EPL	Empresa de Planejamento e Logística S.A.
ESG	<i>Environmental, social and corporate governance</i>
EUA	Estados Unidos da América
FDC	Fundação Dom Cabral
Ferroeste	Estrada de Ferro Paraná Oeste S.A.
FFB	Formação Ferrífera Bandada
FICO	Ferrovia de Integração Centro-Oeste
FIOL	Ferrovia de Integração Oeste-Leste
FNS	Ferrovia Norte-Sul
GEE	Gases de efeito estufa
GNL	Gás natural liquefeito
GSNA	Granéis sólidos não agrícolas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
IDM	Informativo Desempenho Mineral
IEA	International Energy Agency
Ipea	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IRF	Inspetoria Regional de Fiscalização

LabTrans	Laboratório de Transportes e Logística
LO	Licença de Operação
MAP	Fosfato monoamônico
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MInfra	Ministério da Infraestrutura
MME	Ministério de Minas e Energia
MP	Medida Provisória
MRN	Mineração Rio do Norte S.A.
NCM	Nomenclatura Comum do Mercosul
O/D	Origem-Destino
OECD	Observatory of Economic Complexity
ONTL	Observatório Nacional de Transporte e Logística
PDZ	<i>Plano de Desenvolvimento e Zoneamento</i>
PIAF	Posto Integrado Automatizado de Fiscalização
PIB	Produto interno bruto
PLG	Permissão de lavra garimpeira
PM	Planos Mestres
PN	Passagem em nível
PNF	Plano Nacional de Fertilizantes
PNL	Plano Nacional de Logística
PPA	Plano Plurianual
PPC	Paridade do Poder de Compra
PPI	Programa de Parceria de Investimentos
PPP	Parceria Público-Privada
PPV	Posto de Pesagem Veicular
PRF	Polícia Rodoviária Federal

RMO	Rumo Malha Oeste
RMP	Rumo Malha Paulista
RNTC	Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas
ROM	<i>Run-of-mine</i>
SDE	Secretaria de Desenvolvimento Econômico
SEC	Security Exchange Commissions
SEMAGRO	Secretaria de Produção, Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico e Agricultura Familiar
SFV	Sistema Federal de Viação
SINDIADUBOS	Sindicato da Indústria de Adubos e Corretivos Agrícolas no Estado do Paraná
SINOBRAS	Siderúrgica Norte Brasil
SNV	Sistema Nacional de Viação
South32	South32 Minerals S.A.
SSP	Superfosfato simples
TCU	Tribunal de Contas da União
TED	Termo de Execução Descentralizada
TKU	Tonelada por Quilômetro Útil
TMIB	Terminal Marítimo Inácio Barbosa
TMPM	Terminal Marítimo de Ponta da Madeira
TSP	Superfosfato triplo
TU	Toneladas úteis
TUP	Terminal de Uso Privado
UF	Unidade Federativa
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UHE	Usina Hidrelétrica

URF	Unidade da Receita Federal
USGS	United States Geological Survey
Usiminas	Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais
Utac	Unidades de Transbordo e Armazenamento de Cargas
Vale	Vale S.A.

NOVEMBRO/2022

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA

 **LabTrans**
Laboratório de Transportes e Logística